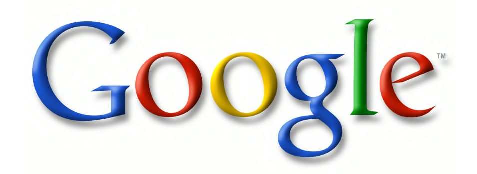
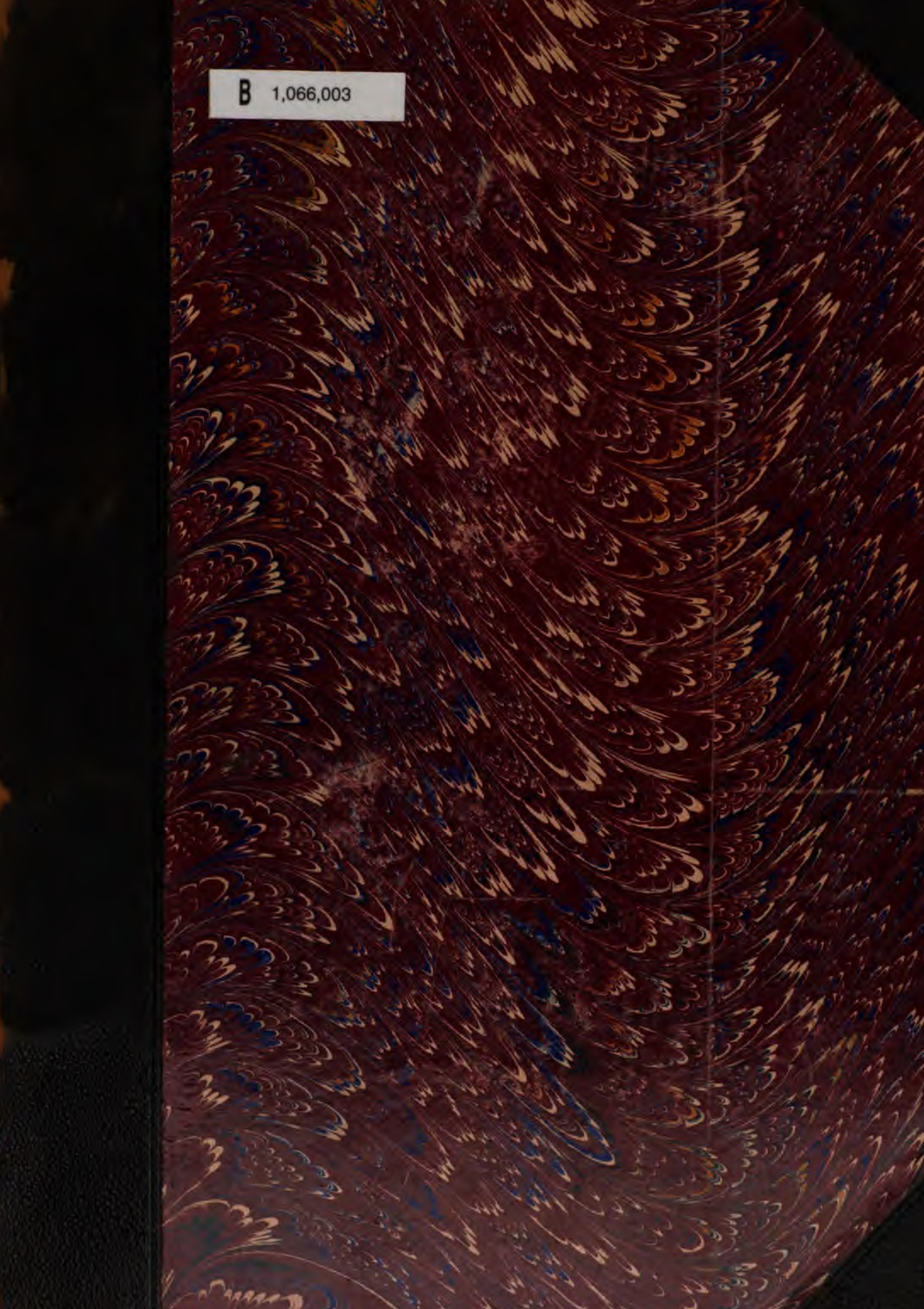
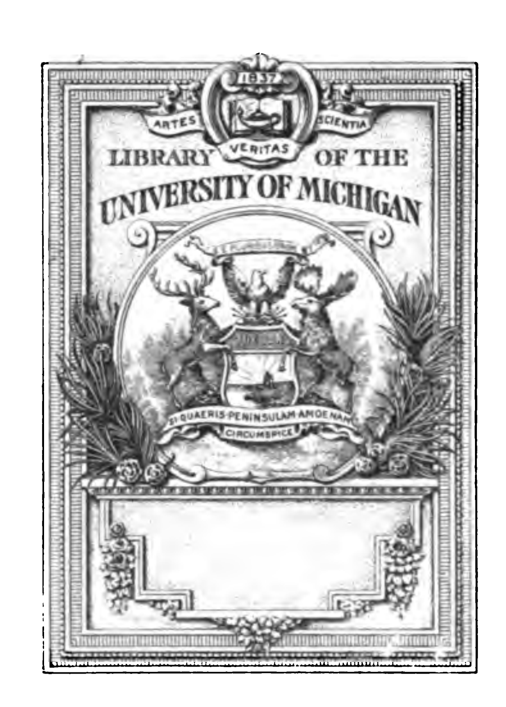
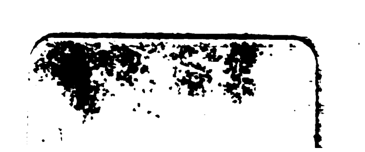
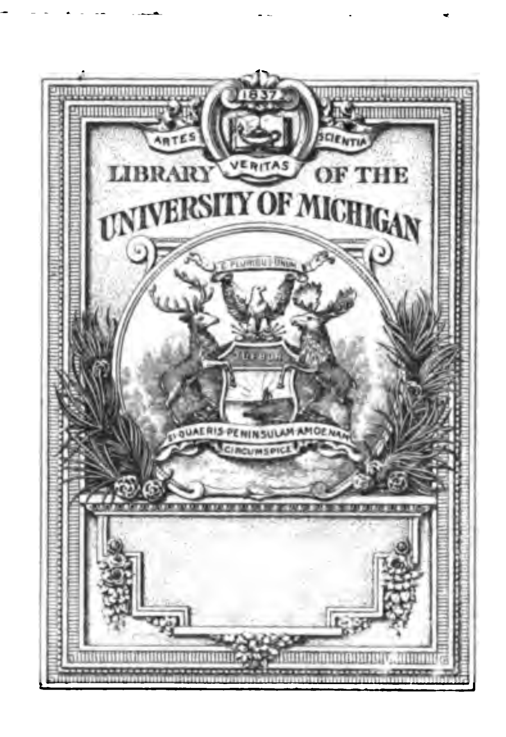

Google

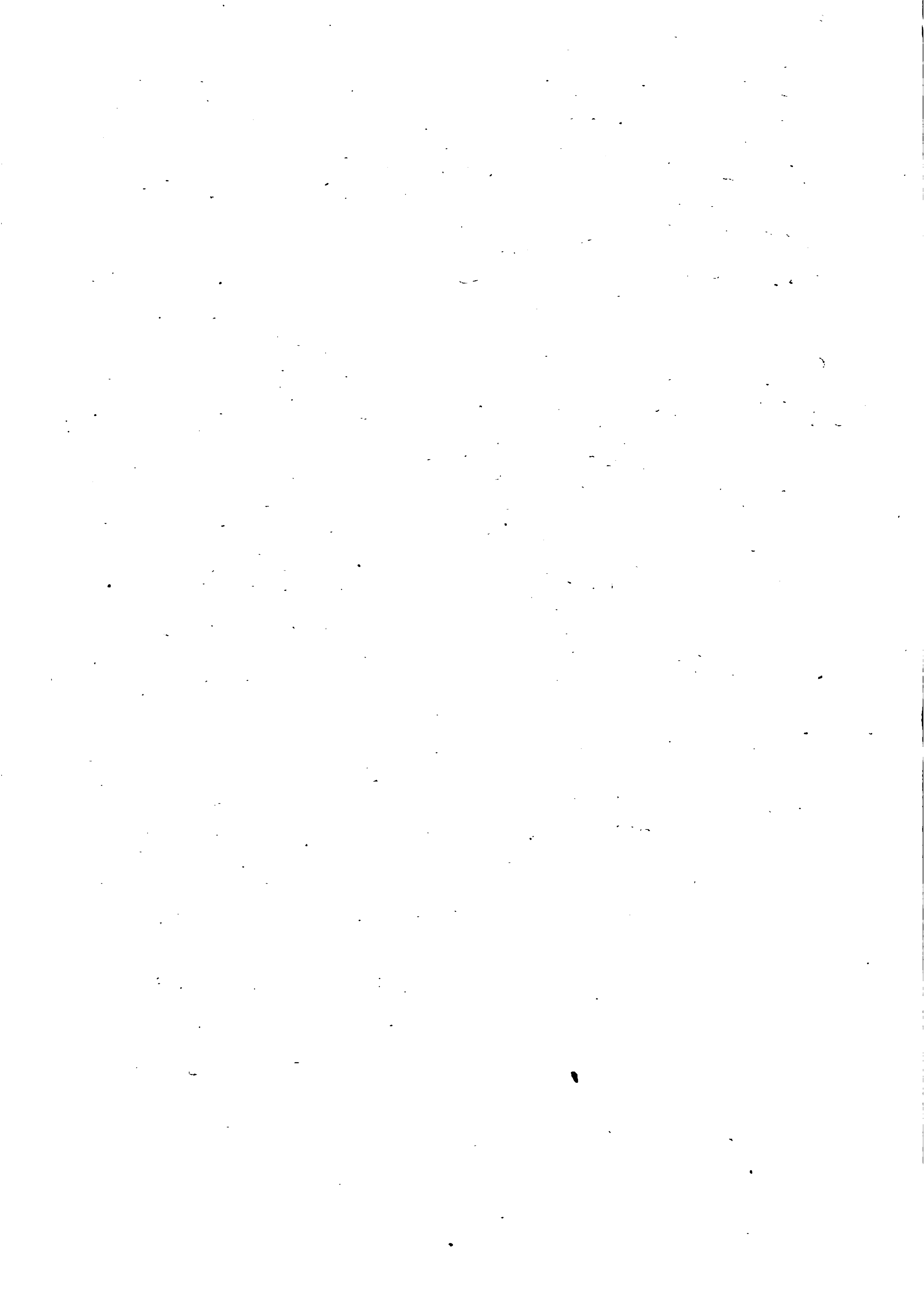



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE




1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE





ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Rueprecht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Dreiundzwanzigster Jahrgang 1903.

Mit Beiblatt: Deutsche Mechaniker-Zeitung.



Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1903.



Inhaltsverzeichnis.

Referate.



Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **Januar 1903.** Erstes Heft.

Über die Haltbarkeit von kleinen Widerständen aus Manganinblech im praktischen Gebrauch.

Von
St. Lindeck in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In einer demnächst erscheinenden ausführlichen Mitteilung wird die Anordnung der Thomsonschen Doppelbrücke beschrieben werden, die in der Reichsanstalt bei Präzisionsmessungen an kleinen Widerständen benutzt wird. Die darin enthaltenen Angaben über die Konstanz von kleinen Widerständen beziehen sich auf Apparate, die zwar sehr häufig, aber doch, als Normale bei Widerstandsmessungen, stets nur mit verhältnismäßig niedrigen Stromstärken benutzt werden.

Es war von Interesse festzustellen, wie sich Widerstände von sehr kleinen Beträgen in mehrjährigem praktischen Gebrauch in Fabriken, Elektrizitätswerken u. s. w. bewähren. Die Apparate dienen dort fast ausschließlich zur Messung hoher Stromstärken und können dann nicht so sorgfältig behandelt werden wie die genannten Normale.

Die im folgenden zu besprechende Nachprüfung von Manganin-*Blech*-Widerständen von 0,01 Ohm und darunter bildet eine Ergänzung zu der Nachprüfung, die im Juni 1894 an Manganin-*Draht*-Widerständen von 0,1 Ohm aufwärts veranstaltet worden war; ein Bericht über diese letztere findet sich in den *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2.** *S. 532. 1895* (vgl. auch *diese Zeitschr.* **15.** *S. 432. 1895*).

Auf die Aufforderung der Reichsanstalt wurden im Oktober 1901 von zehn verschiedenen elektrotechnischen Fabriken und Laboratorien 31 Blechwiderstände aus Manganin zur Nachprüfung bereitwilligst zur Verfügung gestellt[1]). Die Widerstände waren sämtlich nach den Modellen der Reichsanstalt[2]) angefertigt und zwar je 3 Stück von Hartmann & Braun in Frankfurt a. M. und Siemens & Halske in Berlin, die übrigen 25 von O. Wolff in Berlin. Es war nur um die Einsendung von solchen Widerständen ersucht worden, die in den Jahren 1897 bis 1899 von der Reichsanstalt

[1]) Die Eigentümer der zur Verfügung gestellten Apparate sind (die Zahl hinter dem Namen bedeutet die Anzahl der Apparate): Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin (5), Ganz & Ko., Budapest (3), Hartmann & Braun, Frankfurt a. M. (3), Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vorm. W. Lahmeyer & Ko., Frankfurt a. M. (2), Magdeburger Verein für Dampfkesselbetrieb, Magdeburg (2), K. K. Normal-Eichungs-Kommission, Wien (1), Physikalisches Staatslaboratorium, Hamburg (3), Siemens & Halske A.-G., Berlin (3), Städtische Elektrizitäts-Werke, München (3), Union Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin (6).

[2]) Vgl. K. Feussner, *diese Zeitschr.* **10.** *S. 425. 1890.* Die obigen Widerstände stimmen in ihrer Ausführung mit den ursprünglichen Modellen nicht vollständig überein, sondern sie weisen einige konstruktive Änderungen auf, die sich im Lauf der Zeit als zweckmäßig herausgestellt haben.

Tab. I. Widerstände von 0,01 Ohm (kleines Modell).

Laufende Nummer	Beglaubigungsnummer	Zeit der Prüfung	Mittlerer Temperaturkoeffizient $\times 10^{-6}$	Abweichung vom Sollwert in 0,001 %	bei t^0 C.	Änderung in 0,001 %	in z Jahren	Bemerkungen
					$t =$		$z =$	
1	93/1897	VI. 97 X. 01	− 3 − 3	− 7 − 131	19,7	− 124	4⅓	Seit Jahren beinahe täglich benutzt, bei dauernder Einschaltung mit 20 Amp., auf kurze Zeit bis 25 Amp., beim Gebrauch in Petroleum.
2	172/1897	X. 97 X. 01	− 3 —	− 15 − 14	18,9	+ 1	4	Nicht über 75 Amp., wöchentlich 3- bis 4-mal, selten mehr als ¼ St., in Petroleum benutzt.
3	204/1897	I. 98 X. 01	+ 41 + 42	0 + 15	17,5	+ 15	3¾	Etwa 50-mal im Jahr für die Dauer von 1 bis 2 Stunden wissentlich nie über 50 Amp. belastet, nur in Petroleum.
4	34/1898	IV. 98 X. 01	− 5 —	− 1 + 2	18,8	+ 3	3½	Wiederholt zu Strommessungen nicht über 50 Amp., in Petroleum benutzt, dessen Temperatur nie über 30° C. stieg.
5	110/1898	XI. 98 I. 00 X. 01	+ 5 + 6 + 6	− 3 − 5 − 2	17,6	+ 1	3	Mit geringer Belastung (15 Amp.) im Gebrauch gewesen, nur in Petroleum.
6	143/1898	XII. 98 X. 01	+ 9 + 10	+ 4 + 27	17,7	+ 23	2⅚	Schätzungsweise täglich 3 St. bis 50 Amp. in Petroleum dauernd benutzt.
7	17/1899	II. 99 X. 01	+ 8 —	+ 9 + 15	17,8	+ 6	2⅔	Etwa 4- bis 6-mal im Jahr, wissentlich nie über 50 Amp. benutzt, mit 50 Amp. etwa ½ bis 1 St., ferner mit 10 und 20 Amp. etwa die gleiche Zeit, nur in Petroleum.
8	87/1899	IV. 99 X. 01	+ 12 —	+ 1 + 4	18,3	+ 3	2½	Über die Benutzung liegen keine Angaben vor.
9	138/1899	IX. 99 X. 01	+ 11 —	+ 11 + 28	18,0	+ 17	2	Wie bei laufender Nr. 7.
10	148/1899	X. 99 X. 01	+ 4 —	− 1 − 33	19,5	− 32	2	Etwa 2-mal wöchentlich 5 bis 6 St. bis 30 Amp., nur in Petroleum.
11	149/1899	X. 99 X. 01	+ 6 —	0 + 12	18,0	+ 12	2	Dient als Kontrollnormal von Nr. 10; so gut wie nicht benutzt.

als Präzisionswiderstände beglaubigt worden waren. Die in der Reichsanstalt angelegten Plomben waren bis auf diejenige eines Widerstandes von 0,0001 Ohm (vgl. Tab. III Nr. 29) unverletzt.

In den Tabellen I bis III sind die Ergebnisse der Nachprüfung enthalten. Die Anordnung ist ähnlich wie diejenige der für Drahtwiderstände mitgeteilten Tabellen (*Wiss. Abh.* **2.** *a. a. O.*). Die Abweichungen vom Sollwert zu verschiedenen Zeiten sind, auf dieselbe Temperatur bezogen, in Hunderttausendsteln des Wertes angeführt. In die mit Bemerkungen überschriebene Spalte sind Angaben der Besitzer der Apparate über die Art ihrer Benutzung aufgenommen.

Die Messung erfolgte bei den Widerständen von 0,01 und 0,001 Ohm durch Vergleichung mit den Normalen $0{,}01_B$ und $0{,}001_B$[1]) mittels der Verzweigungsbüchse in einer Anordnung, die in der demnächst zu veröffentlichenden Arbeit beschrieben ist, und zwar sowohl bei der ersten Beglaubigung wie bei der Nachprüfung. Bei den

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **18.** *S. 104. 1898.*

Tab. II. Widerstände von 0,001 Ohm.

Laufende Nummer	Beglaubigungsnummer	Zeit der Prüfung	Mittlerer Temperaturkoeffizient $\times 10^{-6}$	Abweichung vom Sollwert in 0,001 % bei t^0 C.	$t =$	Änderung in 0,001 % in z Jahren	$z =$	Bemerkungen
			Kleines Modell.					
12	183/1897	X. 97	+ 8	− 88	18,3			Bis zu 50 Amp. zur Prüfung von Normalwiderständen (dabei stets in Petroleum) im Gebrauch gewesen.
		XI. 98	+ 3	− 87				
		I. 00	+ 7	− 88				
		X. 01	+ 7	− 86		+ 2	4	
13	35/1898	IV. 98	+ 1	+ 11	18,9			Nur einige Male bei Widerstandsmessungen verwendet.
		X. 01	—	+ 16		+ 5	3 1/2	
14	144/1898	XII. 98	+ 7	− 54	18,4			Schätzungsweise täglich 3 Stunden bis 300 Amp. dauernd im Betrieb, stets in Petroleum benutzt.
		X. 01	+ 6	− 72		− 18	2 5/6	
15	146 1899	X. 99	+ 3	− 1	19,0			Durchschnittlich 2-mal wöchentlich bis 100 Amp. 5 bis 6 Stunden lang in Petroleum benutzt.
		X. 01	—	+ 9		+ 10	2	
16	147/1899	X. 99	+ 14	+ 1	18,4			Fast nicht benutzt, dient als Kontrollnormal von Nr. 15.
		X. 01	—	− 6		− 7	2	
17	193/1899	I. 00	− 7	− 11	18,5			Nur einige Male 1/2 St. mit etwa 10 Amp. ohne Petroleumbad benutzt.
		X. 01	—	− 8		+ 3	1 3/4	
			Grofses Modell.					
18	96/1897	VI. 97	+ 6	+ 9	19,8			Seit Jahren beinahe täglich dauernd mit 200, für kurze Zeit mit 250 Amp. in Petroleum benutzt.
		X. 01	+ 5	+ 16		+ 7	4 1/3	
19	184/1897	XI. 97	+ 5	− 6	20,2			Nur einmal einen Tag lang mit 350 Amp. *ohne Petroleum* benutzt, nur für die Dauer der Ablesung eingeschaltet.
		X. 01	—	+ 38		+ 44	4	
20	120/1898	II. 99	+ 4	− 2	19,2			Schätzungsweise 15 bis 18 Stunden wöchentlich benutzt, ausnahmsweise 1 bis 2 Stunden bis zu 700 Amp., stets in Petroleum, von 400 Amp. ab mit Wasserkühlung.
		X. 01	—	+ 52		+ 54	2 2/3	
21	60/1899	IV. 99	+ 2	− 3	19,5			Schätzungsweise täglich 3 Stunden dauernd im Betrieb bis 500 Amp., stets in Petroleum, bei längerer Einschaltung Wasserkühlung.
		X. 01	—	+ 33		+ 36	2 1/2	
22	81/1899	IV. 99	+ 11	− 7	17,3			Schätzungsweise täglich dauernd 3 Stunden im Betrieb bis 500 Amp., stets in Petroleum, bei längerer Einschaltung Wasserkühlung.
		X. 01	—	+ 224		+ 231	2 1/2	
23	82/1899	IV. 99	+ 14	− 10	19,3			Über die Benutzung liegen keine Angaben vor.
		X. 01	+ 14	− 3		+ 7	2 1/2	

Widerständen von 0,0001 Ohm diente für Nr. 24 bis 27 die Büchse O. W. Nr. 1026 ($0{,}0001_C$) als Normal. Nur bei den laufenden Nummern 28 bis 31 wurden die ersten Messungen im Verhältnis 1 : 10 durch Anschluß an das Normal $0{,}001_B$, die Nachprüfung dagegen mit der Verzweigungsbüchse und $0{,}0001_C$ als Normal ausgeführt. Die aus den beiden Messungsreihen sich ergebenden Änderungen der Büchsen dürften Fehler von mehr als 2 Hunderttausendsteln des zu messenden Betrages nicht enthalten. Dies wird bestätigt durch die Messungen an den Büchsen Nr. 5 und Nr. 12, die nach der ersten Beglaubigung inzwischen einmal bezw. zweimal zur Nachprüfung an die Reichsanstalt eingesandt worden waren.

Tab. III. Widerstände von 0,0001 Ohm.

Laufende Nummer	Beglaubigungsnummer	Zeit der Prüfung	Mittlerer Temperaturkoeffizient $\times 10^{-6}$	Abweichung vom Sollwert in 0,001 % bei t^0 C.		Änderung in 0,001 % in z Jahren		Bemerkungen
					$t =$		$z =$	
			Kleines Modell.					
24	65/1898	VII. 98	+ 6	+ 38	19,8	+ 14	3 1/4	Nur einige Male zu Widerstandsmessungen für kurze Zeit benutzt.
		X. 01	+ 8	+ 52				
25	168/1899	XI. 99	+ 6	+ 3	19,6	+ 10	2	Durchschnittlich 2-mal wöchentlich 5 bis 6 St. bis zu 300 Amp., ausnahmsweise ganz kurze Zeit einige Male bis 500 Amp., nur in Petroleum benutzt.
		X. 01	+ 3	+ 13				
26	169/1899	XI. 99	— 8	+ 11	20,2	+ 6	2	So gut wie nicht benutzt, dient als Kontrollnormal des Widerstandes Nr. 25.
		X. 01	—	+ 17				
			Grofses Modell.					
27	98/1897	VI. 97	+ 16	— 7	18,0	+ 8	4 1/3	Seit Jahren beinahe täglich bei dauernder Einschaltung mit 2000 Amp., bei kurzer Einschaltung mit 2500 Amp., stets in Petroleum, aber ohne Wasserkühlung benutzt.
		X. 01	+ 14	+ 1				
28	67/1898	VII. 98	+ 33	+ 28	19,6	+ 19	3 1/3	Etwa 50 Stunden im Jahr, mit Petroleum- bezw. Wasserkühlung, vermutlich nicht über 1000 Amp. benutzt.
		X. 01	—	+ 47				
29	121/1898	II. 99	+ 11	+ 9	19,4	+ 82	2 2/3	Schätzungsweise wöchentlich 15 bis 18 St., ausnahmsweise 1 bis 2 St. mit 2400 Amp., stets mit Petroleum, von 1800 Amp. mit Wasserkühlung benutzt[1]).
		X. 01	—	+ 91				
30	127/1898	XII. 98	+ 31	— 11	18,0	+ 45	2 5/6	Täglich etwa 3 St. lang bis zu 2000 Amp. dauernd im Betrieb, häufig auch mit 3000 Amp., im letzteren Fall und bei längerer Einschaltung mit Wasserkühlung; stets in Petroleum benutzt.
		X. 01	—	+ 34				
31	129/1898	XII. 98	+ 30	— 8	18,4	+ 98	2 5/6	Über die Benutzung liegen keine Angaben vor.
		X. 01	+ 32	+ 90				

An 12 Widerständen wurden die bei der ersten Messung gefundenen Temperaturkoeffizienten neuerdings durch Messung bei zwei Temperaturen kontrolliert. Für die eben erwähnten Büchsen Nr. 5 und Nr. 12 liegen im ganzen drei bezw. vier Bestimmungen des Temperaturkoeffizienten vor.

Aus den Tabellen I bis III läßt sich Folgendes entnehmen. Über die *Güte der ersten Abgleichung der Widerstände durch die Verfertiger* (bei der auf den Apparaten vermerkten Temperatur von 20° C.) gibt die aus den vorstehenden Tabellen ausgezogene Tab. IV eine Übersicht.

Bei nur zwei unter 31 Widerständen, die von drei Firmen hergestellt sind, ist der Abgleichungsfehler größer als 0,05 %; dabei wurden diese Büchsen ohne Rücksicht auf die Güte der Abgleichung aus der großen Zahl der in den Jahren 1897 bis 1899 in der Reichsanstalt beglaubigten Blech-Widerstände zur Nachprüfung ausgewählt.

[1]) Die Plombe des Apparates war zerrissen. Im Innern war *Lötzinn in grofsen Tropfen infolge von Überlastung herausgeflossen.*

Tab. IV. Abgleichungsfehler.

Widerstandsbetrag in Ohm		Der Abgleichungsfehler beträgt			
		0,00—0,01	0,01—0,02	0,02—0,05	0,05—0,10 Prozent
0,01	bei	8	3	—	— Büchsen
0,001	„	8	2	—	2 „
0,0001	„	5	1	2	— „
Summe:		21	6	2	2 Büchsen

Tab. IV zeigt also — und dies wird durch die sehr umfangreichen bei der Reichsanstalt sonst noch vorliegenden Erfahrungen bestätigt — daß eine sehr genaue Abgleichung selbst von Widerständen von 0,0001 Ohm den Fabrikanten keine Schwierigkeiten bereitet. Hiermit ist natürlich keineswegs die untere Grenze für eine genaue Abgleichung erreicht. Ein in der demnächst erscheinenden Arbeit erwähnter Widerstand von 0,00002 Ohm (von O. Wolff in Berlin) war innerhalb 0,01 % richtig abgeglichen. Noch vor wenigen Jahren war die genaue Beziehung kleiner Widerstände auf die 1 Ohm-Normale (unter Verwendung von Zwischenstufen) von sehr beachtenswerter Seite (vgl. *The Electrician* ***40.*** *S. 149. 1897*) als umständlich bezeichnet und deren *absolute* Messung mittels eines Lorenzschen Apparates empfohlen worden.

Die Temperaturkoeffizienten (vgl. die Spalte 4 der Tab. I bis III) derjenigen Büchsen, für welche mehrfache Messungen bei zwei Temperaturen vorliegen, stimmen meist sehr gut miteinander überein. Da die Temperaturdifferenz, aus welcher sich der Temperaturkoeffizient ergibt, gewöhnlich nur etwa 8° C. beträgt und die Übereinstimmung auch bei sehr niedrigen Koeffizienten von nur wenigen Millionteln vorhanden ist, so kann daraus auf die Empfindlichkeit der Meßanordnung und die Sicherheit der Beobachtungen geschlossen werden. Die größte Abweichung zeigt Büchse Nr. 12, für die vier Bestimmungen vorliegen, darunter drei, die die Werte 7 und 8×10^{-6} liefern, während aus einem Paar von Beobachtungen 3×10^{-6} folgt. Im letzteren Falle betrug die Temperaturdifferenz nur 6° C. In unmittelbarer Nähe des Maximums der Temperaturkurve für Manganin hat natürlich die Größe und Lage des Temperaturintervalls auf die Größe des Temperaturkoeffizienten einen besonders starken Einfluß. Es wurde daher möglichst darauf geachtet, daß die Temperaturen, bei denen die Widerstände zur Kontrolle der früher bestimmten Koeffizienten neuerdings gemessen wurden, möglichst mit den früheren Temperaturen übereinstimmten.

Über die Änderung der Widerstände durch mehrjährigen praktischen Gebrauch gibt Tab. V eine Übersicht.

Tab. V. Änderung der Widerstände.

Widerstandsbetrag in Ohm		Die beobachtete Änderung beträgt				
		0,00—0,01	0,01—0,02	0,02—0,05	0,05—0,10	> 0,10 Prozent
0,01	bei	5	3	2	—	1 Büchsen
0,001	„	7	1	2	1	1 „
0,0001	„	3	2	1	2	— „
Summe:		15	6	5	3	2 Büchsen

Von den 31 untersuchten Widerständen sind also 26 Stück für praktische Zwecke konstant geblieben, da ihre Änderungen unter 0,05 % liegen, also nur solche Beträge erreichen, die selbst an den besten zur Zeit vorhandenen direkt zeigenden Meßinstrumenten nicht mehr sicher abgelesen werden können.

Unter den 10 Widerständen, die sich um mehr als 0,02 % geändert haben, sind 7 Büchsen großen Modells, die, wie aus der Spalte „Bemerkungen“ der Tab. I bis III hervorgeht, mit hohen Stromstärken zum Teil sehr angestrengt benutzt wurden. Es sei nur auf die Nummern 20, 21, 22, 29 und 30 hingewiesen. Zwei Widerstände überschritten bei der Nachprüfung die Beglaubigungsfehlergrenze für Präzisionswiderstände (0,1 %), nämlich die Nummern 1 und 22. Der erste hat um 0,12 % abgenommen, der andere ist um 0,23 % angestiegen; beide sind fast täglich seit 4 bezw. $2^1/_2$ Jahren benutzt worden. Das Widerstandsblech von Nr. 22 war mit einem braunen Schlamm bedeckt, und auf dem Boden der Hülle saß eine dicke Schlammkruste. Der Grund für die Widerstandszunahme ist also vermutlich in einem chemischen Angriff des benutzten Petroleums auf das Blech zu suchen. Eine Ursache für die relativ starke Widerstandsabnahme von Nr. 1 läßt sich nach dem Aussehen des Bleches (das allerdings nicht mehr die normale Farbe hatte, sondern etwas braun geworden war) und nach den Mitteilungen des Besitzers über den Gebrauch des Widerstandes nicht angeben.

Durch die Messungen, über die hier berichtet ist, dürfte der Beweis erbracht sein, daß die Konstruktionen der Reichsanstalt für kleine Widerstände mit Manganin als Widerstandsmaterial sich auch für die Zwecke der Praxis gut bewährt haben. Das reichhaltige, der Reichsanstalt sonst noch auf diesem Gebiet vorliegende Beobachtungsmaterial führt zu der gleichen Folgerung.

Zonenfehler und Astigmatismus.

Von
Karl Strehl in Erlangen.

Angeregt durch ein Gespräch mit Hrn. Dr. R. Steinheil habe ich den Einfluß der *mechanischen* Zonenabweichungen eingehender studiert und nachgewiesen, daß beim Fernrohrobjektiv dieser Fehler ebenso wie die sekundäre chromatische Aberration ein Hauptfeind der Bildschärfe ist. Das Gleiche gilt von den *rechnerischen* Zonenabweichungen bei Mikroskopsystemen. Ich bitte hierüber meine letzte Arbeit: „Über Luftschlieren und Zonenfehler“ (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 213. 1902*) sowie meine frühere: „Zonenfehler und Wellenflächen“ (*diese Zeitschr.* **20.** *S. 266. 1900*) nachzusehen. Es entsteht nun die Frage: Wie überzeugt man sich auf einfache Weise von dem Vorhandensein schädlicher Zonenfehler? Denn die Methode von Hartmann ist für den gewöhnlichen Beobachter zu umständlich und unbequem. Die Erfahrung eines Fachmannes auf astronomischem sowie meine eigene auf mikroskopischem Gebiet haben mir nun eine Methode nahegelegt, welche ich im folgenden auseinander setzen will.

Wenn die aus einem Objektiv austretende Wellenfläche längs gewisser Zonen Abweichungen von der Kugelform zeigt, dann sind ihre beiden Hauptkrümmungsradien an diesen Stellen ungleich, d. h., wenn das Objektiv bis auf eine möglichst große Kreisfläche (im Durchmesser bis $^1/_3$ der gesamten Öffnung) verdeckt wird, deren Mitte in der fehlerhaften Zone liegt, dann muß das Bild eines Lichtpunktes astigmatisch (kreuzförmig) werden. Bei Fernrohr- und photographischen Objektiven ist dieser Versuch mittels Schirmen mit größeren und kleineren runden Öffnungen von mehr oder minder exzentrischer Lage mit dem Auge oder der photographischen Platte leicht anzustellen. Bei Mikroskopsystemen verwendet man den Abbeschen Kondensor mit einer mehr oder minder schief gestellten Lochblende und betrachtet

am besten Punkte von mikrophotographischem Druck (das Wechselspiel der feinen Einstellung erleichtert die Auffassung dessen, auf was es ankommt, die Verzerrung nach zu einander senkrechten Richtungen, ungemein).

Es handelt sich nun um die Untersuchung, ob die Zonenfehler groß genug sind, um auf diese Weise gesehen zu werden, sowie ob ein mehr oder minder deutliches astigmatisches Bild über die mehr oder minder große Schädlichkeit des Zonenfehlers etwas auszusagen vermag. Ersteres ist durch die Erfahrung bereits bestätigt; letzteres bedarf einer mathematischen Erörterung, welche ich der Einfachheit wegen an den häufig vorkommenden Fall knüpfen will, daß Achsen- und Randstrahlen streng vereinigt sind, während die die Objektivfläche halbierende Zone den größten Fehler zeigt.

Seien λ die Wellenlänge, r bezw. R die Halbmesser der fehlerhaften Zone bezw. der gesamten Öffnung, $\vartheta = r/R$, $\mathfrak{r}$ der Halbmesser der freien Öffnung der Lochblende, p die Bildweite, $x\,y$ die Koordinaten in der Öffnungsebene, $r^2 = x^2 + y^2$, z die Koordinate parallel zur optischen Hauptachse, δ die lineare Zonenabweichung längs der optischen Hauptachse, ϱ_t der tangentiale bezw. ϱ_s der sagittale Hauptkrümmungsradius, α bezw. β die Winkel zwischen x- bezw. y-Achse und Krümmungstangente; $\Delta = \varrho_t - \varrho_s$; ferner

Wellenfläche $z = \alpha r^2 + \beta r^4 + \gamma r^6$ (vgl. meine erste Arbeit hierüber);

$$\alpha = 1/2p; \quad \beta = \alpha^3 - \mathfrak{M}\alpha^2; \quad \gamma = 2\alpha^5 - (10\,\mathfrak{M}\alpha^4 - 4\,\mathfrak{M}^2\alpha^3 - 2\,\mathfrak{N}\alpha^2)/3;$$

in unserem Fall ist einfach

$$\mathfrak{M} = 4\,\delta/R^2 \text{ bezw. } \mathfrak{N} = 4\,\delta/R^4;$$

aus den Entwicklungen der Differentialgeometrie folgt

$$\varrho = [1 + (dz/dx)^2 + (dz/dy)^2]/[d^2z/dx^2 \cdot \cos^2\alpha + 2\,d^2z/dx\,dy \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta + d^2z/dy^2 \cdot \cos^2\beta];$$

für $x = 0$ (der Symmetrie wegen) ergibt sich

$$dz/dx = 0; \quad dz/dy = 2\alpha y + 4\beta y^3 + 6\gamma y^5; \quad d^2z/dx^2 = 2\alpha + 4\beta y^2 + 6\gamma y^4;$$
$$d^2z/dx\,dy = 0; \quad d^2z/dy^2 = 2\alpha + 12\beta y^2 + 30\gamma y^4;$$

Tangentialkrümmung: $\alpha = 90^0$; $\cos^2\beta = 1 - (r/p)^2$ bezw. Sagittalkrümmung: $\alpha = 0$; $\beta = 90^0$; hieraus endlich

$$\varrho_t = p + 3\,\mathfrak{M}r^2 \qquad \varrho_s = p + \mathfrak{M}r^2 \qquad \Delta = 2\,\mathfrak{M}r^2 \text{ allgemeiner Fall;}$$

speziell für $\mathfrak{M} = 4\,\delta/R^2$ sowie für $\vartheta^2 = 1/2$ ist

$$\varrho_t = p + 6\,\delta \qquad \varrho_s = p + 2\,\delta \qquad \Delta = 4\,\delta.$$

Nun ist nach meiner Fernrohrtheorie das numerische Maß des Astigmatismus

$$\mathfrak{Q} = \pi \cdot \Delta/\lambda \cdot (\mathfrak{r}/p)^2 = 2\pi \cdot \mathfrak{M}r^2/\lambda \cdot (\mathfrak{r}/p)^2 \text{ bezw. speziell } = 4\pi \cdot \delta/\lambda \cdot (\mathfrak{r}/p)^2.$$

Wir haben nun 2 Fälle zu unterscheiden:

1. *Strenge Anforderung:* Der Maximalabstand zwischen Wellenfläche und *mathematischer* Schmiegungskugel (letztere *berührt* erstere in der Zone $\vartheta = 0$) sei $\lambda/6$; die Theorie ergibt aus $d(-\vartheta^4 + 2\,\vartheta^6/3)/d\vartheta = 0$ hierfür $\vartheta = 1$ (vgl. meine zweite Arbeit hierüber); aus $dz = (-\vartheta^4 + 2\,\vartheta^6/3) \cdot \delta \cdot (R/p)^2 = \lambda/6$ für $\vartheta = 1$ folgt $\delta = \lambda/2 \cdot (p/R)^2$; für $\mathfrak{r} = R/3$ ergibt sich $\mathfrak{Q} = 2\pi/9 \doteq$ Definitionshelligkeit $= 98\,\%$. Wenn der Zonenfehler anfängt schädlich zu werden, dann beginnt der Astigmatismus recht merklich zu werden.

Für $\vartheta^2 = 1/2$ und $\mathfrak{r} = R/4$ würde der relative Verlust an Definitionshelligkeit bei kleineren und größeren Zonenfehlern nicht sehr abweichen von dem relativen Verlust für $\vartheta = 0$ und $\mathfrak{r} = R$, d. h. das astigmatische mit reduzierter Öffnung betrachtete Bild eines Sternes und das zonenbehaftete mit voller Öffnung betrachtete würden für kleine und große Abweichungen annähernd gleich schlecht sein.

Für reine *sphärische Aberration* ist die lineare Zonenabweichung gleich $\delta\vartheta^2$ und fällt das max. δ in die Randzone; es ergibt sich $\mathfrak{M} = \delta/R^2$ bezw. $\mathfrak{N} = 0$; $\Delta = 2\,\delta\vartheta^2$; $\mathfrak{Q} = 2\,\pi \cdot \delta\vartheta^2/\lambda \cdot (\mathfrak{r}/p)^2$; das numerische Maß der sphärischen Aberration ist $\mathfrak{A} = \pi/2 \cdot \delta/\lambda \cdot (R/p)^2$; für $\vartheta^2 = 1/3\,(r = 0{,}577\,R)$ und $\mathfrak{r} = R/2$ wird $\mathfrak{Q} = \mathfrak{A}/3$ und mithin der relative Verlust an Definitionshelligkeit bei beiden Bildern annähernd gleich[1]): für $\mathfrak{Q} = 1; 2; 3$ je etwa 4 (5); 15 (18); 21 (27) %.

Demnach gestatten Versuche dieser Art, mit einigem Recht aus der Deutlichkeit des Astigmatismus auf die Schädlichkeit des Zonenfehlers zu schließen. Jedenfalls haben sie den Vorzug, auf einen Blick erkennen zu lassen, ob merkliche Zonenfehler überhaupt vorhanden sind oder nicht.

Die strenge Anforderung ist an Fernrohrobjektive stets, an Mikroskopsysteme nur dann zu stellen, wenn diese für Beleuchtung mit voller Apertur (z. B. von Bakterien nach der Methode von Koch) vollkommen sein sollen.

2. *Minimalforderung:* Der Maximalabstand zwischen Wellenfläche und *optischer* Schmiegungskugel (letztere *trifft* erstere in den Zonen $\vartheta = 0$; 0,707; 1) sei $\lambda/6$; die Theorie ergibt aus $d(\vartheta^2/3 - \vartheta^4 + 2\,\vartheta^6/3)/d\vartheta = 0$ hierfür $\vartheta = 0{,}89$; aus $dz = (\vartheta^2/3 - \vartheta^4 + 2\,\vartheta^6/3) \cdot \delta \cdot (R/p)^2 = \lambda/6$ für $\vartheta = 0{,}89$ folgt $\delta = 5\,\lambda\,(p/R)^2$; für $\mathfrak{r} = R/3$ ergibt sich $\mathfrak{Q} = 20\,\pi/9$ = Definitionshelligkeit = 12 %. Der Astigmatismus tritt sehr störend auf und drückt die Bildgüte bei schiefer Beleuchtung stark herab.

Die (kaum häufig erfüllte, bei den gebräuchlichen Brennweiten vielleicht schwer erfüllbare) Minimalforderung ist an solche Mikroskopsysteme zu stellen, welche für gewöhnliche Beobachtungen, wobei der direkte Lichtkegel nur $^1/_3$ der vollen Apertur ausfüllt, vollkommen sein sollen. Das von mir erwähnte, von A. Kerber verbesserte Mikroskopobjektiv von 4 *mm* Brennweite und 0,60 num. Apertur würde bereits durch Reduktion der Brennweite auf 3 *mm* wenigstens die Minimalforderung erfüllen.

Es ist mithin durchaus nicht an dem, daß die praktische Optik überhaupt nicht imstande sei, die Forderungen der Beugungstheorie zu erfüllen; mit dieser Feststellung rechtfertigt sich meine Untersuchung von vornherein gegen den Verdacht, nichts weiter zu sein, als ein interessantes Experiment.

Die Messung der Helligkeit von Prismenfernrohren.

Von

Dr. **Hugo Krüss** in Hamburg.

Die Bestimmung der Helligkeit von Fernrohren ist, soweit mir bekannt, bisher immer nur rechnerisch erfolgt unter Zugrundelegung der Abmessungen des Objektivs und der geometrischen Verhältnisse des Strahlenverlaufes im Fernrohr. Vergleichende Versuche über die von der Helligkeit abhängenden Leistungen eines Fernrohres, also etwa in Bezug auf die Sichtbarmachung lichtschwacher Sterne, werden wohl häufig gemacht, aber über eine unmittelbare Messung der Helligkeit eines Fernrohres finde ich in der Literatur keinen Anhalt.

Nachdem die Firma Carl Zeiss in Jena, den Helmholtzschen Gedanken des Telestereoskops ausbauend und unter Benutzung des Porroschen Prismensystems, Prismenfernrohre hergestellt hat, sind ihr eine ganze Reihe anderer optischer Werkstätten darin gefolgt, so Voigtländer & Sohn-Braunschweig, C. P. Goerz-Friedenau,

[1]) Vgl. „Instrumentalaberrationen u. s. w." *Diese Zeitschr.* **17.** *S. 304. 1897*; in Wirklichkeit tritt bei großer reduzierter Öffnung auch noch *Koma* auf.

M. Hensoldt & Söhne-Wetzlar, C. A. Steinheil-München, Rathenower Optische Industrie Anstalt-Rathenow, R. Fuess-Steglitz, Krauss & Co.-Paris, L. Huet-Paris, Ross & Co.-London, Warner & Swasey-Cleveland O., meistens allerdings ohne gleichzeitige Herbeiführung der der Firma Carl Zeiss durch Patente geschützten Vergrößerung der stereoskopischen Wirkung.

In manchen der von den Fabrikanten herausgegebenen Beschreibungen ihrer Prismenfernrohre befindet sich auch eine ziffernmäßige Angabe über deren Helligkeit, während bisher in den Preislisten über Fernrohre eine solche nicht üblich war; man fand dort nur allgemeine Bemerkungen über diese Eigenschaft.

Als Maß der Helligkeit wird bei diesen ziffernmäßigen Angaben durchweg benutzt die Größe der Fläche der Eintrittspupille dividiert durch das Quadrat der Vergrößerung oder, was dasselbe ist, die Größe der Fläche der Austrittspupille. Die Eintrittspupille ist hierbei in den meisten Fällen übereinstimmend mit der freien Fläche des Objektivs. Bedeuten in Fig. 1 L_1 und L_2 das Objektiv und das Okular des Fernrohres, sind deren Brennweiten P und p und die Radien der Eintritts- und der Austrittspupille m_e und m_a, so ist bei Einstellung des Fernrohres auf Unendlich die Vergrößerung $V = \frac{P}{p}$ und

Fig. 1.

$$\frac{m_e}{V} = m_e \frac{p}{P} = m_a.$$

Es wird also bei diesen Angaben die Helligkeit definiert als die Größe der Fläche der Austrittspupille. Das ist aber nicht für alle Fälle einwandsfrei, zumal, wenn man unter der Helligkeit des Fernrohres die in einem beobachtenden Auge wirksame Stärke der Lichtempfindung versteht, d. h. die auf ein Netzhautelement treffende Lichtmenge. Diese ist aber abhängig von der Größe der Eintrittspupille und der Augenpupille und von der scheinbaren Größe der durch das Fernrohr gesehenen Objektfläche, welche auf ein Netzhautelement wirkt. Es zeigt sich[1]), daß im Vergleich zum Sehen ohne Fernrohr durch Benutzung eines solchen die in die Augenpupille eintretende Lichtmenge proportional der Vergrößerung ist, solange die Austrittspupille des Fernrohres größer ist als die Augenpupille, daß aber andererseits bei Betrachtung ausgedehnter Objekte die scheinbare Größe der auf ein Netzhautelement wirkenden Fläche im Verhältnis des Quadrats der Vergrößerung kleiner ist als beim Sehen mit unbewaffnetem Auge, sodaß also die Helligkeit mit und ohne Fernrohr dieselbe ist, abgesehen von den Lichtverlusten an und in den optischen Bestandteilen des Fernrohres. Bei punktförmigen Objekten aber oder solchen, deren Winkelwert denjenigen eines Netzhautelementes nicht übersteigt, ist die scheinbare Größe des Objekts mit und ohne Fernrohr dieselbe, also die Helligkeit proportional der Vergrößerung.

Dieses Alles gilt, wie schon hervorgehoben, nur, sofern die Austrittspupille größer ist als die Augenpupille, solange also die Vergrößerung des Fernrohres nicht stärker ist als diejenige, bei welcher die Austrittspupille ebenso groß ist wie die Augenpupille (Normalvergrößerung). Übersteigt die Vergrößerung diese Normalvergrößerung, so vermindert sich die vom Auge empfundene Helligkeit im Verhältnis der Verkleinerung der Austrittspupille des Fernrohres. In diesem Falle also ist tat-

[1]) S. Czapski, Theorie der opt. Instrumente. *S. 174*; Müller-Pouillets Lehrbuch d. Physik. II. Bd. 1. Abtlg. *S. 687*: s. auch H. Krüss, *Deutsche Mech.-Ztg. 1902. S. 254.*

sächlich bei Betrachtung ausgedehnter Gegenstände die Größe der Austrittspupille ein Maß für die Helligkeit des Fernrohres.

Bei den üblichen Prismenfernrohren ist nun im allgemeinen die Austrittspupille größer als die Augenpupille, deren Durchmesser man bei Vorherrschen gewöhnlicher Tageshelligkeit mit 2 *mm* annehmen kann. Die als Helligkeitsmaß angegebene Größe der Austrittspupille besagt also, sofern sie nicht unter 2 *mm* sinkt, was kaum der Fall sein wird, daß die Prismenfernrohre ein Bild von der größten überhaupt erreichbaren Helligkeit liefern.

Das bisher besprochene Helligkeitsmaß gewinnt erst seine Bedeutung, wenn es sich um Betrachtung dunklerer Objekte, also etwa um Benutzung des Fernrohres in der Dämmerung handelt. Bei abnehmender äußerer Helligkeit erweitert sich bekanntlich die Augenpupille außerordentlich, je größer also die Austrittspupille ist, um so später tritt bei Erweiterung der Augenpupille der Fall ein, daß letztere größer als erstere ist, um so größer wird also die Leistung des Prismenfernrohres, soweit es dabei auf die Helligkeit ankommt, sein.

Die tatsächliche Lichtstärke eines Prismenfernrohres hängt aber nicht nur von diesen rein geometrischen Verhältnissen ab, sondern sie wird wesentlich beeinflußt von dem Lichtverluste in den optischen Bestandteilen des Fernrohres. Dieser Lichtverlust hängt aber ab sowohl von der Konstruktion des Fernrohres, als von den Glasarten, welche dazu benutzt sind, als endlich von der technischen Vollkommenheit der Ausführung der einzelnen Flächen. Deshalb ist eine Beschreibung meiner Versuche zur Aufstellung einer Methode der unmittelbaren Messung der aus einem Fernrohre austretenden Lichtmenge vielleicht nicht ohne Interesse.

1. Versuchsanordnung.

Als der von vornherein als aussichtsvoll für derartige Versuche erscheinende Angriffspunkt bietet sich die Austrittspupille dar. Alles auf das Objektiv als Eintrittspupille fallende Licht muß durch die Austrittspupille hindurch, die Austrittspupille ist das Bild der Eintrittspupille, man kann sie als scharf begrenzte Scheibe vor dem Okular schweben sehen oder auf einer matten Scheibe sichtbar machen. Dementsprechend war meine Versuchsanordnung folgende (Fig. 2).

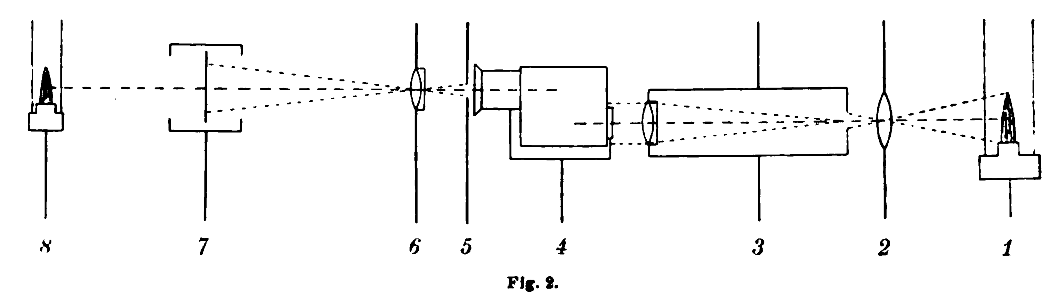


Fig. 2.

Auf acht Schlitten einer genügend langen optischen Bank montierte ich die erforderlichen Bestandteile.

Von einer Lichtquelle *1* wird durch eine Linse *2* ein verkleinertes Bild auf eine kleine Öffnung entworfen. Diese Blendenöffnung ist durch ein Rohr *3* mit einem Objektiv verbunden, in dessen Brennpunkt sie angebracht ist. Der Durchmesser des Objektivs ist größer als die Objektivdurchmesser der zu prüfenden Prismenfernrohre. Um ein möglichst paralleles Strahlenbüschel zu erhalten, ist die Blendenöffnung verhältnismäßig klein; die Lichtquelle *1* und die Linse *2* werden in solche Entfernung

vom Kollimator *3* gebracht, daß das Bild der Lichtquelle die Blendenöffnung gerade ausfüllt; auf diese Weise wird die größte mögliche Helligkeit erreicht.

Das aus dem Kollimator *3* austretende parallele Strahlenbüschel fällt auf das Objektiv des Prismenfernrohrs. Dieses ist in einem der eigentümlichen Form des Fernrohrkörpers entsprechenden Halter *4* so gelagert, daß es darin gedreht und geneigt werden kann. Um zuverlässige Beobachtungen ausführen zu können, ist natürlich unbedingt erforderlich, daß das Strahlenbüschel, wenn auch um den Höhenunterschied zwischen Objektiv und Okular in der Höhe verschoben, doch parallel zur Achse des Kollimators das Prismenfernrohr wieder verläßt. Der Halter *4* des Fernrohrs ist natürlich wie alle anderen Träger *1* bis *8* durch Triebbewegung in der Höhe verschiebbar, sodaß seine Objektivachse in die Achse des Kollimators gebracht werden kann. Die genaue Zentrierung aller Teile wurde vor der Vornahme eines jeden Versuches durch Vorhalten von Blenden und Verfolgung der aus den einzelnen Teilen austretenden Strahlenbüschel auf längere Entfernung kontrolliert; ohne diese durchaus erforderliche Vorsicht würde man die irreleitendsten Versuchsergebnisse erzielt haben. Zu dieser Kontrolle des Verlaufs der austretenden Strahlen diente vornehmlich die Scheibe *5*, welche Blenden von verschiedenem Durchmesser und Mattgläser aufnehmen kann; auf diesen wurde der Verlauf des Strahlenbündels sichtbar gemacht. Von der vor dem Okular des Prismenfernrohrs entstehenden Austrittspupille wird durch die Linse *6* ein vergrößertes Bild auf den Photometerschirm *7* entworfen. Es handelt sich bei der Ausführung der Versuche stets darum, daß dieses Bild entweder eine bestimmte Größe habe oder in einem bestimmten Größenverhältnis zur Größe der Austrittspupille stehe. Dieses hätte erreicht werden können durch jedesmalige Einstellung auf die gewünschte Größe. Abgesehen davon, daß dieses Verfahren ziemlich viel Zeit erfordert, da immer, um die etwa noch nicht getroffene Bildgröße zu verändern, Linse *6* und Photometerschirm *7* hätten verschoben und das Bild wieder scharf eingestellt werden müssen, so würden jedes Mal auch unvermeidliche Beobachtungsfehler in Bezug auf die scharfe Einstellung und die Größe des Bildes entstanden sein. Es war deshalb bei weitem vorteilhafter, möglichst genau einerseits die Größe der Austrittspupille und ihre Entfernung von dem Okular, andererseits die Brennweite der Linse *6* zu messen und aus diesen Daten die für eine bestimmte Größe des Bildes auf dem Photometerschirm *7* erforderlichen Entfernungen zwischen den Schlitten *4* (bezw. *5*), *6* und *7* zu berechnen und sie dann durch Benutzung der Teilung der optischen Bank zu verwirklichen.

Als Photometer (*7*) dient ein Photometerkopf mit Lummer-Brodhunschem Prismensystem; durch Verschieben der den Photometerschirm an seiner dem Prismenfernrohre abgewandten Seite beleuchtenden Lichtquelle *8* wird die Beleuchtung der beiden Seiten des Photometerschirms gleich gemacht und das Quadrat der Entfernung der Lichtquelle *8* vom Photometerschirm *7* bildet dann ein Maß für die Stärke der Beleuchtung des Photometerschirms von Seiten des Prismenfernrohrs.

Man kann nun, wie sich aus nachfolgendem ergeben wird, die Versuchsanordnung so treffen, daß es auf die Größe des Verhältnisses der Helligkeiten der beiden Lichtquellen zueinander nicht ankommt, es muß dieses Verhältnis nur dasselbe bleiben, es müssen also die beiden Lichtquellen mit konstanter Helligkeit leuchten. Als äußerst bequem hat sich die Anwendung zweier Petroleumlampen erwiesen, die sich, nachdem sie kurze Zeit gebrannt haben, lange auf der gleichen Helligkeit erhalten. Wegen des auf dem Wege von der Lichtquelle *1* bis zum Photometerschirm stattfindenden mannigfachen Lichtverlustes wurde als Lichtquelle *1* ein möglichst

großer Brenner gewählt, während die Lampe *8* mit einem kleineren Brenner versehen sein konnte. In einzelnen Fällen, in denen die Helligkeit der Petroleumlampe nicht ausreichte, mußte als Lichtquelle *1* ein Auer-Brenner benutzt und die Petroleumlampe *8* zur Herbeiführung gleicher Färbung der beiden Seiten des Photometerschirms mit einer blauen Glasscheibe versehen werden.

2. Vergleich der Helligkeit verschiedener Prismenfernrohre miteinander.

Die von mir angestellten Versuche zerfallen nun in zwei Hauptgruppen, nämlich einmal in solche Versuche, welche nur den Zweck hatten, die aus verschiedenen Prismenfernrohren austretenden Lichtmengen miteinander zu vergleichen, und das andere Mal in Versuche, durch welche für jedes Fernrohr das Verhältnis der austretenden zur eintretenden Lichtmenge festgestellt wurde. Die ersteren, relativen Versuche sind offenbar die einfacheren, da hierbei die Intensität des in das Fernrohr eintretenden Strahlenbüschels nicht bestimmt zu werden braucht; es muß diese Intensität nur unverändert die gleiche bleiben.

Ich habe diese relativen Versuche unter zwei verschiedenen Anordnungen angestellt, nämlich durch Bestimmung der Gesamtlichtmenge, welche in den Austrittspupillen vorhanden ist, und durch Bestimmung der Flächenhelligkeit der Austrittspupillen, d. h. der auf die Flächeneinheit kommenden Lichtmenge. Beide Messungen kontrollieren einander, da $G_a = H_a m_a^2 \cdot \pi$ ist, wenn man unter G_a die Gesamtlichtmenge, unter H_a die Flächenhelligkeit und unter m_a den Halbmesser der Austrittspupille versteht.

Ein Vergleich zwischen den Flächenhelligkeiten der Austrittspupillen der verschiedenen Prismenfernrohre findet statt, wenn man von den Austrittspupillen durch die Linse *6* stets ein in gleichem Verhältnis vergrößertes Bild auf dem Photometerschirm *7* entwirft, wenn also bei den verschiedenen Versuchen die Entfernungen zwischen der Austrittspupille und der Linse *6* sowie zwischen letzterer und dem Photometerschirm konstant bleiben. Dagegen werden die Gesamtlichtmengen dadurch miteinander verglichen, daß die Austrittspupillen, welche unter sich verschieden in ihrer Größe sind, alle auf den gleichen Durchmesser vergrößert auf den Photometerschirm projiziert werden.

Bei allen Versuchen müssen natürlich die Prismenfernrohre sorgfältig auf sehr weit entfernte Objekte eingestellt werden, um die richtige Größe der Austrittspupillen zu erhalten.

Als Beispiele der Versuchsergebnisse seien aus einer größeren Anzahl von Prismenfernrohren, deren Helligkeit ich miteinander verglichen habe, zwei angeführt, sie seien mit *A* und *B* bezeichnet.

		A	B	A	B
Durchmesser der Eintrittspupille	$2\,m_e$	18	22,5	1	1,25
Fläche der Eintrittspupille	$m_e^2 \pi$	81 π	126,6 π	1	1,56
Durchmesser der Austrittspupille	$2\,m_a$	3,00	3,30	1	1,10
Fläche der Austrittspupille	$m_a^2 \pi$	2,25 π	2,72 π	1	1,21
Vergrößerung	$V = \frac{m_e}{m_a}$	6,00	6,82	1	1,14
Flächenhelligkeit der Austrittspupille . . .	H_a	—	—	1	1,10
Gesamtlichtmenge der Austrittspupille . . .	G_a	—	—	1	1,34
Berechnete Gesamtlichtmenge der Austrittspupille	$H_a m_a^2 \pi$	—	—	1	1,33

Es stimmt also das Verhältnis der photometrisch gemessenen Gesamtlichtmengen G_a gut überein mit dem aus der photometrisch bestimmten Flächenhelligkeit und der Größe der Austrittspupille berechneten Verhältnis der Gesamtlichtmengen.

Die Messungsergebnisse gestatten noch einen Vergleich zwischen den beiden Prismenfernrohren in Bezug auf den Lichtverlust in den Linsen und Prismen der Fernrohre. Falls nämlich kein Lichtverlust in den Gläsern oder bei beiden Fernrohren der gleiche Lichtverlust stattfinden würde, müßte die Flächenhelligkeit der Austrittspupillen um so größer sein, je kleiner die Austrittspupillen gegenüber den Eintrittspupillen sind, oder es müßten, da die Größe der Fläche der Austrittspupille gleich der Größe der Fläche der Eintrittspupille dividiert durch das Quadrat der Vergrößerung ist, die Flächenhelligkeiten in dem gleichen Verhältnis zueinander stehen wie die Quadrate der Vergrößerung; d. h. es ist

$$H_a = k \cdot H_e \cdot V^2,$$

wo H_a und H_e die Flächenhelligkeiten in der Austritts- und in der Eintrittspupille sind, V die Vergrößerung und k der Durchlässigkeitsfaktor in Bezug auf die Linsen und Prismen des Fernrohrs ist.

In Bezug auf die Gesamtlichtmenge G_a in der Austrittspupille gilt die Beziehung

$$G_a = k \cdot G_e,$$

wenn G_a und G_e die Gesamtlichtmengen in der Austritts- und Eintrittspupille sind.

Nun folgt aus den oben angegebenen Zahlen der Abmessungen und Versuchsergebnisse unmittelbar, wenn man alle Größen für das Fernrohr $A = 1$ setzt,

		A	B
Flächenhelligkeit in der Eintrittspupille .	H_e	1	1,00
Quadrat der Vergrößerung	V^2	1	1,30
Flächenhelligkeit in der Austrittspupille .	H_a	1	1,10
Gesamtlichtmenge in der Eintrittspupille	$G_e = m_e^2 \pi$	1	1,56
Gesamtlichtmenge in der Austrittspupille	G_a	1	1,34

Es ergibt sich also, da

$$k = \frac{H_a}{H_e V^2} = \frac{G_a}{G_e}$$

ist, wenn man den Durchlässigkeitsfaktor k für das Fernrohr A ebenfalls gleich 1 setzt, der Verlustfaktor für das Fernrohr B aus den beiden Ausdrücken zu 0,85 bezw. 0,86, sodaß also der Lichtverlust im Prismenfernrohr B um 15 bezw. 14 % größer ist, als derjenige im Fernrohre A.

Die aus den beiden Ausdrücken für k sich ergebende Beziehung zwischen den Flächenhelligkeiten und den Gesamthelligkeiten

$$\frac{H_a}{H_e} = V^2 \cdot \frac{G_a}{G_e}$$

wird durch die Versuchsergebnisse bestätigt, denn bei Annahme von Fernrohr A als Vergleichseinheit ist für Fernrohr B

$$\frac{H_a}{H_e} = \frac{1,10}{1,00} = 1,10 \quad \text{und} \quad V^2 \cdot \frac{G_a}{G_e} = 1,30 \frac{1,34}{1,56} = 1,12,$$

was befriedigend übereinstimmt.

Das so durch photometrische Messungen festgestellte Helligkeitsverhältnis oder, wie ich es kurz nennen will, die „physikalische“ Helligkeit, gibt nun ausreichenden

Anhalt für die Größe der Helligkeitsempfindung in dem mit den Prismenfernrohren bewaffneten Auge, für die „physiologische“ Helligkeit. Ohne weiteres sagen die Messungen uns etwas aus über die Helligkeitsverhältnisse in der Austrittspupille, wie sie vorhanden sein würden, wenn man dieselben etwa auf einer weißen Fläche oder einem matten Glase auffangen würde.

Es ist bereits in der Einleitung hervorgehoben worden, daß die Stärke der Lichtempfindung im Auge beim Sehen durch Fernrohre abhängig ist von der Größe der Eintrittspupille bezw. der Augenpupille und der scheinbaren Größe der durch das Fernrohr gesehenen Objektfläche, welche auf ein Netzhautelement wirkt.

Berücksichtigt man, daß, wenn auch der Durchmesser der Augenpupille bei hellen Objekten nur 2 *mm* sein mag, er sich doch bei dunklen Gegenständen, etwa in der Dämmerung, bis auf den Durchmesser der Austrittspupillen der Fernrohre vergrößert, so stellen offenbar die Ergebnisse der obigen photometrischen Messungen die Größe des im vorigen Absatz an erster Stelle genannten Faktors dar. Es bleibt demgemäß noch der zweite Faktor zu berücksichtigen. Dieser ist verschieden, je nachdem das betrachtete Objekt ein ausgedehntes, oder ob es strichförmig oder punktartig ist. In dem gewöhnlichen Anwendungsgebiete der Prismenfernrohre hat man es mit flächenförmig ausgedehnten Gegenständen zu tun. Hier ist, wie ebenfalls in der Einleitung angegeben, die scheinbare Größe der auf ein Netzhautelement wirkenden Fläche im Verhältnis des Quadrates der Vergrößerung kleiner als beim Sehen mit unbewaffnetem Auge.

Will man also aus der gemessenen „physikalischen“ Helligkeit die „physiologische“ berechnen, so ist bei Beschränkung auf ausgedehnte Objekte und unter der Voraussetzung, daß die Größe der Augenpupille gleich der Größe der Austrittspupille ist, die gemessene Gesamtlichtmenge G_a in der Austrittspupille durch das Quadrat der Vergrößerung zu dividieren. Dadurch erlangt man einen Vergleich zwischen der größtmöglichen Helligkeit zweier Prismenfernrohre auch in der Dämmerung. Handelt es sich aber um gewöhnliche helle Tagesbeleuchtung, wo die Augenpupille kleiner ist als die Austrittspupille des Fernrohrs, so muß zum Vergleich anstatt der Gesamtlichtmenge G_a der Austrittspupille deren Flächenhelligkeit H_a herangezogen werden.

Unter Berücksichtigung dieser Umstände ergibt sich also für das Verhältnis der Stärke der Helligkeitsempfindungen im Auge beim Sehen durch die Prismenfernrohre *A* und *B* folgendes:

		A	*B*
Flächenhelligkeit der Austrittspupille	H_a	1	1,10
Gesamtlichtmenge der Austrittspupille	G_a	1	1,34
Quadrat der Vergrößerung	V^2	1	1,30
Helligkeit des Netzhautbildes bei ausgedehnten Objekten:			
1. bei heller Beleuchtung	$\frac{H_a}{V^2}$	1	0,85
2. bei schwacher Beleuchtung	$\frac{G_a}{V^2}$	1	1,03

3. Messung der Helligkeit eines Prismenfernrohres.

Die Aufgabe, die Helligkeit eines Fernrohres ziffernmäßig zu bestimmen, erfordert die Feststellung des Verhältnisses der aus der Austrittspupille austretenden Lichtmenge zu der in das Fernrohr eintretenden. Die Lösung dieser Aufgabe er-

scheint zunächst nicht so einfach wie der Vergleich der Helligkeit zweier Fernrohre miteinander.

Die Messung der Helligkeit in der Austrittspupille könnte hierbei ebenso erfolgen wie bei den vergleichenden Messungen des vorigen Abschnittes. Versucht man aber die Eintrittspupille in gleicher Weise zu behandeln, so stößt man auf eine Schwierigkeit. Man wird an dem Orte der Eintrittspupille des Prismenfernrohres auf den Halter *4* (Fig. 2) eine Blende von demselben Durchmesser wie die Eintrittspupille anbringen und von dieser Blende durch die Linse *6* ein Bild auf den Photometerschirm *7* entwerfen. Es ist aber der Durchschnitt der Blende mit dem aus dem Kollimator *3* austretenden parallelen Strahlenbüschel kein Objekt wie die Austrittspupille, es ist keine beleuchtete Fläche, deren Helligkeit gemessen werden könnte. Die Linse *6* wird außer der Abbildung des Blendenrandes auf den Photometerschirm *7* das parallel auf sie fallende Strahlenbündel zu einem Bilde der Lichtquelle *1* vereinigen und dieses Bild wird als sekundäre Lichtquelle auf den Photometerschirm wirken und das Ergebnis stören.

Man muß also, um letzteres zu verhindern, den Verlauf des parallelen Strahlenbündels an der in *4* aufgestellten Blende unterbrechen am besten durch Einschaltung eines matten Glases, durch welches eine beleuchtete Fläche wirklich hergestellt wird. Der Übelstand des dadurch entstehenden starken Lichtverlustes kann durch Benutzung einer helleren Lichtquelle in *1* überwunden werden. Nun tritt aber die Notwendigkeit auf, den Lichtverlust durch die matte Glasplatte zu bestimmen, oder die Helligkeit der Austrittspupille ebenfalls unter Vorschaltung desselben matten Glases zu messen. Dabei wäre ferner noch zu berücksichtigen, daß das aus dem Prismenfernrohr austretende Strahlenbündel einer kleineren lichtabsorbierenden Fläche ausgesetzt ist als das eintretende, vor allem aber, daß die absorbierende Wirkung des matten Glases eine andere ist für das parallele Lichtbüschel in der Eintrittspupille, als für das am Orte der Austrittspupille auf dem matten Glase entstehende Bild der Eintrittspupille. Diese Einflüsse würden sich wohl rechnerisch und experimentell bestimmen lassen; man umgeht dieselben aber vollständig durch ein Verfahren, welches bei einem einzelnen Fernrohr allerdings nicht möglich ist, wohl aber bei einem aus zwei vollkommen identischen Fernrohren bestehenden Doppelfernrohr.

Ich habe hierbei die beiden das Doppelfernrohr bildenden Prismenfernrohre voneinander getrennt und dann beide hinter einander so aufgestellt, daß die Okulare o_1 und o_2 einander zugekehrt waren und sich in solcher Entfernung voneinander befanden, daß die beiden Okularkreise zusammenfielen (Fig. 3). Dadurch wird die Austrittspupille des Prismenfernrohres *I* zur Eintrittspupille des in umgekehrter Lage aufgestellten Prismenfernrohres *II*, und es treten die Strahlen aus dem Objektiv O_2 in denselben geometrischen Verhältnissen aus, in denen sie in das Objektiv O_1 eintraten. Blickt man durch die beiden derart miteinander verbundenen auf Unendlich eingestellten Fernrohre, so sieht man die Gegenstände wie durch Luft oder durch ein Planglas; das austretende Lichtbündel bei O_2 unterscheidet sich von dem eintretenden bei O_1 nur durch seine Intensität, dieselbe ist gegenüber derjenigen bei O_1 vermindert durch den Lichtverlust in den Linsen und Prismen der beiden hinter einander geschalteten Prismenfernrohre *I* und *II*.

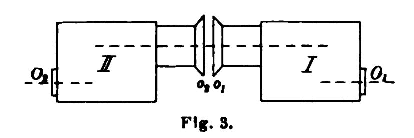


Fig. 3.

Das photometrische Verfahren ist nun sehr einfach. Zuerst wird eine Blende *5* mit einer freien Öffnung vom Durchmesser der Eintrittspupille des Prismenfernrohres

in Verbindung mit einem matten Glase an den Ort der Eintrittspupille des Prismenfernrohres *I* gebracht, während die Prismenfernrohre selbst noch fortbleiben. Von der beleuchteten matten Scheibe wird dann durch die Linse *6* in passender Vergrößerung ein Bild auf die rechte Seite des Photometerschirms *7* entworfen und die Lichtquelle *8* in solche Entfernung gebracht, daß die linke Seite des Photometerschirmes die gleiche Beleuchtung empfängt wie die rechte. Hierauf werden die beiden in der beschriebenen Weise miteinander verbundenen Prismenfernrohre *I* und *II* auf den Träger *4* gebracht und die Blende mit demselben matten Glase in *5* dicht vor die Austrittspupille O_2 des Fernrohres *II* aufgestellt. Es wird wieder ein in demselben Maßstabe wie vorher vergrößertes Bild auf dem Photometerschirm erzeugt und die Lichtquelle *8* entsprechend eingestellt.

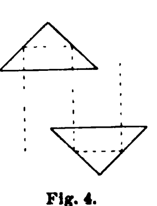
Es sei der Faktor für den Lichtverlust in einem Prismenfernrohre gleich k, dann ist er für zwei wie in Fig. 3 hinter einander geschaltete gleich k^2. Setzt man die Flächenhelligkeit der in O_1 aufgestellten matten Scheibe gleich *1*, so ist ihre Flächenhelligkeit, wenn sie hinter O_2 aufgestellt ist, gleich k^2. Da die Stärken der Beleuchtung des Photometerschirms sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen der Lichtquelle *8* vom Photometerschirm *7* verhalten, so erhält man k aus dem einfachen umgekehrten Verhältnisse dieser Entfernungen.

Es ergab sich nun für die beiden Prismenfernrohre *A* und *B* aus einer Reihe von Versuchen

	A	*B*
Faktor für den Lichtverlust . . . . . . k	0,59	0,51.

Es gehen also bei diesen Instrumenten 41 bezw. 49 % des auffallenden Lichtes durch Reflexion an den Flächen der Prismen und Linsen, sowie durch Absorption in den Glasmassen verloren. Wenn das auf den ersten Anblick überraschend viel erscheint, so zeigt eine nähere Betrachtung der Verhältnisse, daß der Lichtverlust tatsächlich nicht viel kleiner sein kann.

Es sei in dieser Beziehung zunächst der Lichtverlust an und in den Prismen etwas näher untersucht und dabei angenommen, daß die Prismenfernrohre nach Porroscher Art konstruiert sind, also zwei rechtwinklige Prismen enthalten. Es findet demgemäß ein zweimaliger Eintritt von Luft in Glas und ein zweimaliger Austritt von Glas in Luft statt (Fig. 4). Jedes Mal tritt der gleiche Lichtverlust ein, der nach den Fresnelschen Formeln bei den Brechungsverhältnissen 1,5 bezw. 1,6 und senkrechtem Einfall, wie er hier stattfindet, durch die Faktoren 0,96 und 0,95 für die durchgehende Lichtmenge ausgedrückt wird. Da voraussichtlich zu den Porroschen Prismen Glas angewendet wird, dessen Brechungsverhältnis näher an 1,5 als an 1,6 liegt, so wird also schätzungsweise der Faktor für den Lichtverlust durch Reflexion an den Prismenflächen


Fig. 4.

$$R_p = 0{,}96^4 = 0{,}85.$$

Über den Lichtverlust in der Glasmasse der Prismen der Prismenfernrohre fand ich in der Literatur nur eine einzige Angabe, nämlich die, daß in den Prismenfeldstechern von Warner & Swasey das Glas der Prismen 4 % absorbiere[1]). Das scheint allerdings sehr niedrig gegriffen. Will man einen rechnerischen Überschlag machen, so muß man eine Annahme über die Größe der Prismen machen. Ich nehme also für das Prismenfernrohr *A* an, daß bei dem Objektivdurchmesser von 18 *mm* die Länge

[1]) *Central-Ztg. f. Opt. u. Mech.* **23.** *S. 218. 1902.*

der Hypotenuse der Prismen mindestens 30 *mm* betragen wird. Der Weg der Strahlen in den beiden Prismen hätte dann also eine Länge von 60 *mm*. Eine der lichtdurchlässigsten Glasarten, welche bisher untersucht worden sind, scheint das Jenaer Crown O. 203 zu sein, für welches H. C. Vogel als Durchlässigkeitsfaktor für Licht von der Wellenlänge 580 $\mu\mu$ 0,872, für solches von der Wellenlänge 535 $\mu\mu$ 0,898 bei einer Glasdicke von 10 *cm* angibt[1]). Die beiden angegebenen Wellenlängen entsprechen beinahe denjenigen der Fraunhoferschen Linien D (589) und E (527), sie schließen also den hellsten Teil des Spektrums ein. Man ist deshalb wohl berechtigt, das Mittel aus beiden Zahlen, nämlich 0,885 als Durchlässigkeitsfaktor für 10 *cm* besten Crownglases anzunehmen. Unter dieser Annahme wird der Verlustfaktor wegen der Absorption in den Prismen

$$A_p = 0{,}885^{0{,}6} = 0{,}93.$$

Also würde sich die Intensität der aus den Prismen austretenden Strahlen, wenn man diejenige der eintretenden mit 1 bezeichnet, zu

$$k_p = R_p \cdot A_p = 0{,}85 \cdot 0{,}93 = 0{,}79$$

ergeben.

Was den Lichtverlust in und an den Linsen der Prismenfernrohre anbetrifft, so hat man es hier mit dem Objektiv und zwei Okularlinsen zu tun. Die ein- und austretenden Strahlen durchschneiden die Linsenflächen allerdings nicht überall senkrecht, der Einfachheit halber sei es trotzdem angenommen, ebenso daß man es mit Glas vom Brechungsexponenten 1,5 zu tun habe. Beide Annahmen bewirken, daß der daraus berechnete Lichtverlust etwas kleiner ausfällt als in Wirklichkeit.

Der Faktor wegen des Reflexionsverlustes wird dann

$$R_l = 0{,}96^6 = 0{,}784.$$

Über die Absorption in einem Objektiv aus gut durchlässigen Glasarten gibt H. C. Vogel[2]) an, daß sie für eine Dicke des Objektivs von 10 *cm* 16 % betrage. Schätzt man die Dicke des Objektivs zu 4 *mm*, so würde also der Durchlässigkeitsfaktor für das Objektiv

$$a_1 = 0{,}84^{0{,}04} = 0{,}993$$

sein.

Für die Okulare, deren Dicke je 1 *mm* betragen mag, kann man wieder die oben für bestes Crownglas benutzte Zahl 0,885 bei 10 *cm* annehmen und würde dadurch hier einen Durchlässigkeitsfaktor von

$$a_2 = 0{,}885^{0{,}02} = 0{,}997$$

erhalten, sodaß der Durchlässigkeitsfaktor für alle Linsen in Bezug auf Absorption

$$A_l = 0{,}993 \cdot 0{,}997 = 0{,}991$$

sein würde und unter Mitberücksichtigung der Reflexion

$$k_l = R_l \cdot A_l = 0{,}784 \cdot 0{,}991 = 0{,}78.$$

Dem ganzen Prismenfernrohre, also seinen Linsen und Prismen zusammen, käme nach diesen Schätzungen der Durchlässigkeitsfaktor

$$k = k_p \cdot k_l = 0{,}79 \cdot 0{,}78 = 0{,}61$$

zu.

Die direkte Messung hatte für die beiden Prismenfernrohre A und B die Werte 0,59 und 0,51 für k ergeben, sodaß also die gemachten Annahmen, wie schon vermutet wurde, etwas zu günstig sind.

---

[1]) *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1896. S. 1219.*

[2]) *a. a. O.*

Um den wirklichen Tatbestand und namentlich die Verteilung des Lichtverlustes auf die Linsen und die Prismen näher aufzuklären, habe ich von jedem der Doppelfernrohre A und B die Okulare und das Objektiv eines der beiden identischen Fernrohre in ein besonderes Rohr gefaßt, sodaß sie Fernrohre ohne Prismensystem bildeten, und nun die Lichtmengen in den Austrittspupillen dieser einfachen Fernrohre mit denjenigen in den zugehörigen Prismenfernrohren nach dem für die relativen Messungen beschriebenen Verfahren miteinander verglichen.

Daraus fand sich

	A	B
Durchlässigkeitsfaktor der Prismen . . . . k_p	0,81	0,74
Durchlässigkeitsfaktor der Linsen . . . . . $k_l = \frac{k}{k_p}$	0,73	0,69

Die Berechnung ergab nach den für die Konstanten der in den Prismenfernrohren vorhandenen Glassorten angenommenen Daten für k_p 0,79 und für k_l 0,78. Es ist also bei dem Fernrohr A der Lichtverlust in den Prismen kleiner, in den Linsen größer als geschätzt, bei Fernrohr B geht an beiden Bestandteilen mehr Licht verloren als geschätzt wurde. Die Gründe für dieses Verhalten würden sich noch weiter aufklären lassen, wenn man auf die besondere Konstruktion und die tatsächlichen Abmessungen der Bestandteile der beiden Prismenfernrohre näher eingehen würde, doch liegt dieses außerhalb des Rahmens dieser Mitteilungen.

Es soll nun noch, wie solches auch am Ende des Abschnittes über die relativen Messungen geschah, auf die Stärke der Lichtempfindung eingegangen werden, welche das mit den Prismenfernrohren beobachtende Auge empfängt, und es soll hier wie dort die Untersuchung auf ausgedehnte, flächenhafte Objekte beschränkt bleiben.

Die Erledigung des Falles gestaltet sich sehr einfach, wenn man sich vergegenwärtigt, daß, solange die Augenpupille von der Austrittspupille vollkommen ausgefüllt ist, durch die geometrisch-optische Wirkung des Fernrohrs keine Helligkeitsänderung hervorgebracht werden kann, also unter Voraussetzung der gleichen Pupillenweite die mit oder ohne Fernrohr gesehenen Gegenstände gleich hell erscheinen würden. Es sind also nur die Lichtverluste an und in den Glasmassen des Fernrohrs maßgebend für die Stärke der Helligkeitsempfindung, sodaß die erhaltenen Werte von k direkt ein Maß dafür sind, wenn der Durchmesser der Augenpupille ($2\,m_p$) derselbe bleibt.

Bei heller Beleuchtung ist das auch bei Benutzung verschiedener Fernrohre der Fall; der Durchmesser der Augenpupille mag hier auf 2 *mm* angenommen werden. Bei schwacher Beleuchtung vergrößert sich die Augenpupille und vermehrt dadurch entsprechend der Vergrößerung ihrer Fläche die Menge des eintretenden Lichtes, wie solches bei den analogen Schlüssen aus den relativen Messungen bereits ausgeführt wurde. Bei Benutzung eines Fernrohres findet ein Helligkeitszuwachs so lange statt, bis die Augenpupille die Größe der Austrittspupille des Fernrohres erreicht hat. Die größte, auch bei schwacher Beleuchtung erreichbare Helligkeitsempfindung ist also unter sonst gleichen Verhältnissen bei verschiedenen Fernrohren verschieden, wenn die Austrittspupillen verschieden groß sind.

Der Stärke der Helligkeitsempfindung proportional ist also immer die Größe $m_p^2 \cdot k$; bei heller Beleuchtung wird $2\,m_p$ zu 2 *mm* angenommen, bei schwacher aber $2\,m_a$ gesetzt werden müssen. Da $m_a = m_e / V$ ist, so kann man auch anstatt der Fläche der Austrittspupille den Quotienten aus der Fläche der Eintrittspupille und

dem Quadrate der Vergrößerung einführen unter der Berücksichtigung, daß, im Falle die Augenpupille kleiner als die Austrittspupille ist, die dann wirksame Fläche der Eintrittspupille in demselben Verhältnis kleiner genommen werden muß.

Es wird demzufolge bei Benutzung der beiden untersuchten Prismenfernrohre *A* und *B*, für welche *k* zu 0,59 und 0,51 gemessen war, die Stärke der Helligkeitsempfindung im Auge folgenden Werten proportional sein:

		A	B
Bei heller Beleuchtung	$m_p^2 \cdot k$	0,59	0,51
Bei schwacher Beleuchtung	$m_a^2 \cdot k$	1,33	1,39

während ohne Fernrohr bei der gleichen Weite der Augenpupille die entsprechenden Werte bei heller Beleuchtung 1,00 (m_p^2), bei schwacher Beleuchtung 2,25 bezw. 2,72 (m_a^2) sein würden.

Die so ermittelten Zahlen stimmen in Bezug auf die zwischen den Prismenfernrohren *A* und *B* vorhandenen Verhältnisse gut überein mit den bei den relativen Messungen gefundenen Verhältnissen. Bezeichnet man nämlich wieder die Stärke der Helligkeitsempfindung des mit dem Prismenfernrohre *A* bewaffneten Auges mit 1, so ist jetzt

	A	B
Bei heller Beleuchtung	1	0,86
Bei schwacher Beleuchtung	1	1,05

während die relativen Messungen für *B* die Werte 0,85 und 1,03 ergaben.

Referate.

Anleitung zum Gebrauche des Zenitteleskops auf den internationalen Breitenstationen.

Von Th. Albrecht. *Publ. d. Centralbureaus d. internat. Erdmessung. 29 S. u. 2 Taf.*

Das vorliegende Heftchen ist ein zweiter und etwas vervollständigter Abdruck einer früher schon von Hrn. Geh.-Rat Albrecht herausgegebenen Anleitung zu Beobachtungen mit den Zenitteleskopen neuerer Form[1]).

Durch die Erkenntnis der Vorzüge der Breitenbestimmungen nach der Horrebow-Talcott-Methode ist diese Gattung von Instrumenten wieder zur besonderen Anerkennung gelangt. Die neuen, besonders nach den Potsdamer Erfahrungen wesentlich verbesserten Instrumente gewähren einen sehr hohen Grad von Genauigkeit. Deshalb sind auch mehrere derselben von gleicher Bauart dazu bestimmt worden, auf den von der „Internationalen Erdmessung“ eingerichteten Stationen zur Untersuchung der Breitenschwankungen zu dienen, d. h. die jeweilige Lage der momentanen Erdachse gegen eine mittlere Stellung derselben zu verfolgen. Um alle die dazu nötigen Beobachtungen möglichst einheitlich zu gestalten, ist die vorliegende „Anleitung“ bestimmt. An sich enthält dieselbe außer einer genauen Beschreibung des Instruments in seiner jetzigen Form nichts Neues; aber die für die Ausführung der einzelnen Beobachtungen gegebenen Vorschriften und die Schemata für deren Berechnung sind sehr zweckmäßig ausgewählt und dürften daher auch für weitere Benutzung sehr zu empfehlen sein.

[1]) Das beschriebene Instrument ist von J. Wanschaff in Berlin gebaut, die optischen Teile hat die optische Werkstätte von C. Zeiß in Jena geliefert.

Bevor der Ref. auf einige weitere Punkte der vorliegenden Schrift eingeht, dürfte es von Interesse sein, hier an der Hand der Abbildung[1]) des Zenitteleskopes dieses in seiner Anordnung etwas näher zu erläutern. Das Instrument gleicht bezüglich seiner Achsenstellung einem Universalinstrument mit exzentrischem Fernrohre. Es fehlen ihm aber die feingeteilten Kreise, und das Fernrohr ist von ungewöhnlicher Größe und optischer Kraft. Auf einem Dreifuß *a* erhebt sich die Vertikalachse als starker Konus im Zentrum eines mit dem Fußgestell fest verbundenen Horizontalkreises von 28 *cm* Durchmesser und 10'-Teilung. Auf diesem Konus ruht der Oberteil mit entsprechender Büchse *m*. Diese trägt unten zwei Nonien, mittels deren der Kreis bis auf 10" abgelesen werden kann, und oben ein Querstück mit den stark gehaltenen Achsenlagern *o*. Am Horizontalkreis befinden sich zwei Vorrichtungen zum Klemmen im azimutalen Sinne, eine den gewöhnlichen Klemmschrauben analog gebildete bei *f* mit Feinbewegung durch die Schraube *g*, und ferner können die beiden Hülfsstücke *h* am Kreis mittels der Schrauben *i* festgeklemmt werden. Die ersteren tragen die Anschläge *k*, welche durch Stellschrauben korrigiert werden können und durch zwei mit dem Kopf *l* verbundene federnde Haken gefaßt werden. Diese Einrichtung dient dazu, dem Instrument in beiden Fernrohrlagen die Stellung in der Meridianebene ohne besondere Kreisablesung zu sichern.

Die Büchse *m* mit dem ganzen Oberteil wird in Wirklichkeit von der Schraube *n* getragen, die auf der obern Fläche des vertikalen Konus mit einer schwach abgerundeten Spitze ruht. Durch *sehr sorgfältige* Regulierung dieser Schraube kann bewirkt werden, daß sich die Büchse weder auf dem Konus klemmt, noch zwischen ihr und dem letzteren zu viel Spielraum bleibt, wodurch ein Schlottern und damit eine stete Veränderlichkeit der Neigung der Horizontalachse bedingt würde.

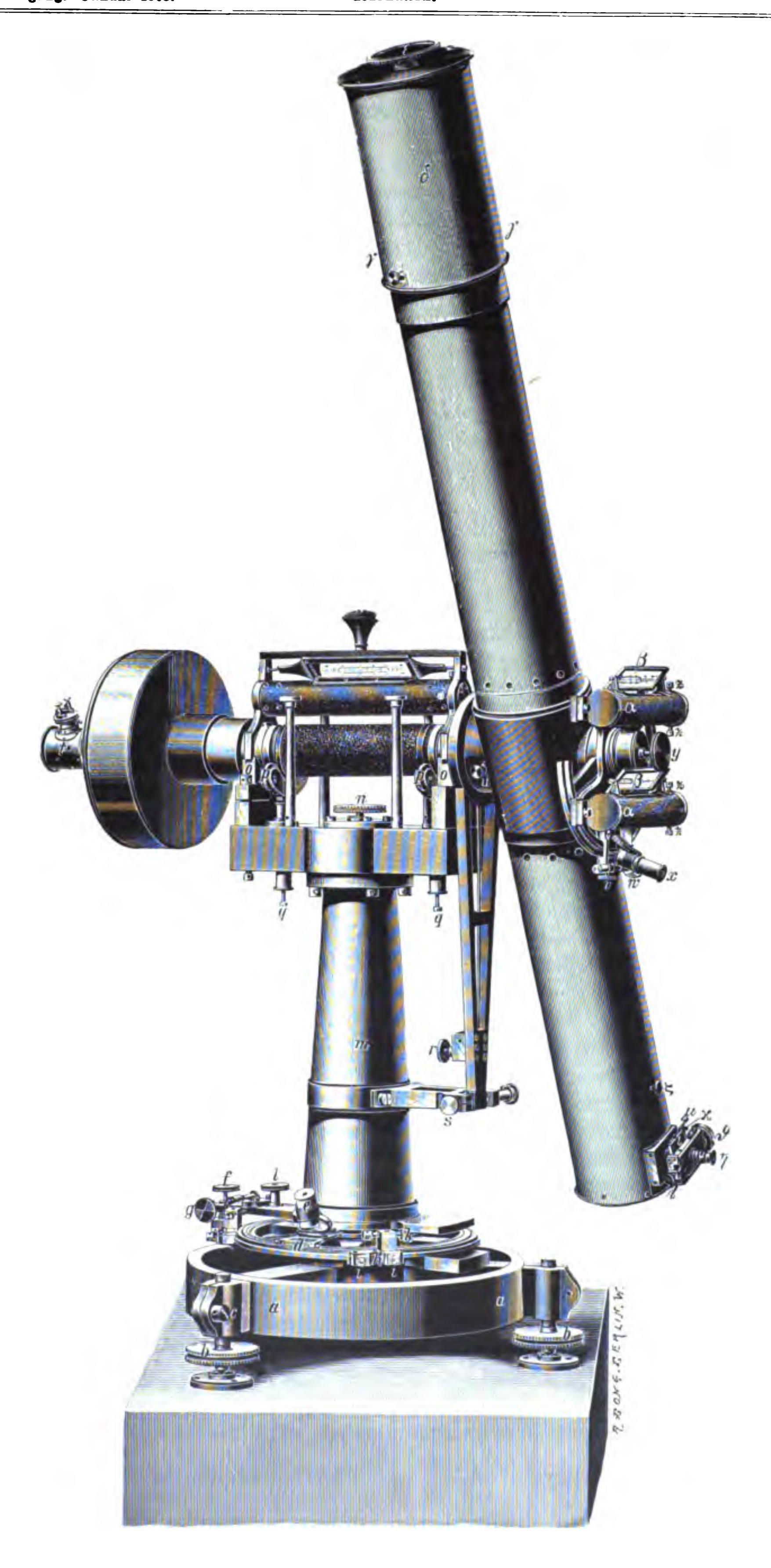
Das eine der Lager dieser Achse ist korrigierbar, um die senkrechte Stellung beider Achsen zueinander bewirken zu können. Zur Aufhebung des Druckes des ziemlich schweren Oberteiles in den Lagern sind Friktionsrollen *p* angebracht, welche auf Federn ruhen, deren Spannung durch die Schrauben *q* reguliert werden kann.

Auf der Horizontalachse sitzt ein langer Bügel, welcher in sich die Radialklemme mit der Schraube *r* trägt und im übrigen zur Feinbewegung mittels der Schraube *s* dient. An dem einen Ende der stark gehaltenen Horizontalachse sind das Fernrohr, der Einstellungskreisbogen und die beiden über einander angeordneten Horrebow-Libellen angebracht, während am anderen Ende ein schweres Gegengewicht und die Beleuchtungslampe bei *t* angesetzt sind. Da nicht immer auf eine genügende Elektrizitätsquelle gerechnet werden kann, ist neben der elektrischen auch eine Beleuchtung durch ein Öllämpchen vorgesehen; die geeignete Feldhelligkeit wird durch ein mittels der Schraube bei *u* drehbares Gitter erlangt. An den zur Einstellung in Zenitdistanz dienenden Kreisbogen kann der Libellenträger mittels der Schraube *v* angeklemmt werden; die Feinbewegung erfolgt durch die Schraube *w*. Die Ablesungsgenauigkeit beträgt mittels des Nonius noch 10". Außer durch die Klemmschraube bei *v* kann das Libellensystem auch noch direkt mit der Horizontalachse fest verbunden werden, indem die dasselbe tragende Platte durch die Schraube *y* achsial auf jene gepreßt werden kann; ist dieses geschehen nach Einstellung in Zenitdistanz, so empfiehlt es sich, die Schraube bei *v* wieder zu lösen, um etwaige durch die doppelte Klemmung entstehende Spannungen zu verhüten.

Die beiden Libellen sind sowohl unter sich als auch gegen den Vernierarm korrigierbar, um sie selbst in nahe Übereinstimmung zu bringen und den Zenitpunkt berichtigen zu können; der Teilwert der Libellen α beträgt nahe 1"; sie können beide durch geeignete Spiegel β abgelesen werden, die eine derselben ist von 0 bis 40, die andre von 50 bis 90 beziffert.

Das Fernrohr hat bei einer Öffnung von 108 *mm* eine Brennweite von 130 *cm*, das Okular gibt eine 104-fache Vergrößerung; dasselbe ist in seiner ganzen Länge von zwei

[1]) Der Original-Holzstock wurde zur Herstellung eines Clichés von Hrn. Geh.-Rat Prof. Dr. Helmert freundlichst zur Verfügung gestellt.



etwas weiteren Blechrohren umgeben, die auf beiden Seiten an dem Mittelstück befestigt sind, im übrigen aber das Fernrohr ganz frei lassen, sodaß durch diese Umhüllung wohl Schutz gegen Wärmeschwankungen u. s. w. geboten, die Biegung aber in keiner Weise beeinflußt wird.

Der Objektivteil dieses Rohres setzt sich noch etwa 24 *cm* über das bei γ befindliche Objektiv hinaus fort und bildet so eine Taukappe, die innen mit schwarzer Pappe ausgekleidet ist und die auch den Objektivdeckel ε trägt.

Das Okular ist ein sogenanntes gebrochenes, sodaß die Beobachtung seitlich des Fernrohres für alle Zenitdistanzen in gleicher Richtung geschehen kann. Außerdem ist das Okular mit einem Reversionsprisma versehen, sodaß auch den Fäden bei allen Beobachtungen dieselbe scheinbare Stellung gegeben werden und die Bewegungsrichtung der Gestirne im Gesichtsfeld umgekehrt werden kann.

Die Brechung des Strahlenganges findet auch bei diesem Instrument vor dem Zustandekommen des Bildes statt, also, vom Beobachter aus gesehen, hinter der Fadenplatte.

Die Höhe des Schraubenganges der Mikrometerschraube ϑ entspricht nahezu einem Winkelwert von 40″, sodaß an der in 100 Teile geteilten Trommel noch gut 0,04″ geschätzt werden können.

Zwei gegenüberstehende Schrauben ι dienen zur Korrektur der Kollimation und zwei andere $\varkappa$, welche den Okularauszug an einer Schiene fassen, zur Korrektur der Fadenschiefe.

Das Fadennetz besteht aus 11 festen Stundenfäden in Distanzen von paarweise $2^2/_3{}^s$, $10^2/_3{}^s$, $13^1/_3{}^s$, 16^s und 24^s Äquatorialdistanz vom Mittelfaden; dieselben sollen sowohl zu Zeitbestimmungen, zur Ermittelung der Aufstellungskonstanten und zugleich zur Markierung derjenigen Stellen des Gesichtsfeldes dienen, an denen die Einstellungen in Zenitdistanz zu machen sind. Dem letzteren Zweck dienen auch zwei Deklinationsfäden, die symmetrisch zur Mitte des Gesichtsfeldes da ausgespannt sind, wo die Mikrometerschraube etwa 0 bezw. 30 Umdreh. zeigt, sodaß dieselben das Gebiet begrenzen, in welchem die Zenitdistanzeinstellungen erfolgen sollen. Da zur Kontrole des Azimutes und des Kollimationsfehlers verhältnismäßig nahe Miren, bestehend aus Milchglasskalen, benutzt werden sollen, ist in dem Mikrometerkasten ein Schieber μ senkrecht zur optischen Achse angeordnet, welcher außer einer freien Öffnung auch eine der Mirendistanz angepaßte Kollektivlinse trägt. Soll also auf die Mire eingestellt werden, so ist diese Linse in den Strahlengang zu schieben. Die Führung des betreffenden Rahmens ist so sicher, daß höchstens sehr kleine und daher für den hier in Betracht kommenden Zweck unschädliche Abweichungen der Kollimationslinie durch dieselbe erzeugt werden können.

Für jede Lage des Fernrohres (Fernrohr Ost und Fernrohr West) ist eine gesonderte Mire vorgesehen, die, wie schon erwähnt, aus Milchglasskalen bestehen und in ihrer Mitte eine Durchbohrung haben. Diese Skalen können um 15 *mm* seitlich verschoben werden, um ihre Mitten genau in die für jede Fernrohrlage durch direkte Sternbeobachtungen ermittelte Meridianstellung zu bringen. Etwaige Veränderungen des Azimuts oder der Kollimation der Absehenslinie lassen sich dann mit Hülfe der Skalenstriche in genügend scharfer Weise ermitteln, wenn von Zeit zu Zeit eine astronomische Kontrolle der Lage des Skalennullpunktes erfolgt.

Für die Bestimmung der Instrumentalfehler, die außer auf den gewöhnlichen Kollimationsfehler auch noch auf eine Seitenbiegung Rücksicht nehmen muß, welche das Maximum ihres Einflusses im Zenit erreicht, hat der Verfasser ein recht geeignetes Rechnungsverfahren in Vorschlag gebracht[1]), welches sich außer auf die bekannte Mayersche Formel im wesentlichen auf die Döllenschen Rechnungsvorschriften für außermeridionale Zeitbestimmung stützt.

Diese Vorschriften für die exakte Bestimmung der Aufstellungs- und Instrumentalfehler sind vielleicht etwas sehr ausführlich gegeben, denn wie später der Verf. selbst sagt,

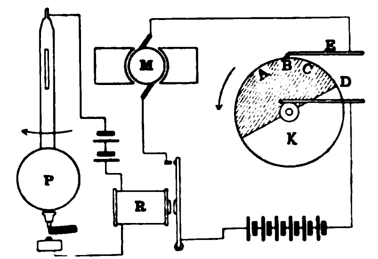
[1]) Zum Teil auch schon von Prof. Borras bei früheren Arbeiten angewandt.

sind die Grenzen für deren Unschädlichkeit bei derartigen Beobachtungen recht weite. Es ist deshalb besonders verdienstlich, daß der Verf., wie er es auch in seinem großen Tafelwerke stets tut, Zusammenstellungen über den Einfluß der Instrumental- und Aufstellungsfehler für bestimmte Genauigkeitsforderungen anfügt. Ebenso wird der Rechner die Tafeln für die Koeffizienten der Korrektionsglieder mit Beifall aufnehmen. In beobachtungstechnischer Hinsicht möchte Ref. noch erwähnen, daß er für die beiden Klemmeinrichtungen bei r und v bezw. y Ringklemmen den Vorzug gegeben haben würde, weil ihm dadurch die Zentrierung der Einzelteile besser gewahrt zu werden scheint. Weiterhin wäre auf *S. 9* bei der Vorschrift für die Fokusierung zweckmäßig darauf hinzuweisen, daß diese Fokusierung bei abwechselnder Vor- und Rückwärtsbewegung des Okulars zu geschehen habe. Sehr beherzigenswert dagegen erscheint Ref. die Mahnung, an der Instrumentaufstellung so selten wie möglich zu korrigieren, denn eine Konstanz der Instrumentalfehler ist deren absoluter Kleinheit in fast allen Fällen vorzuziehen. *L. Ambronn.*

Automatische Regulierung der parallaktischen Fernrohrbewegung.

Von H. W. Smith. *Astrophys. Journ.* **15.** *S. 202. 1902.*

In seinem Bericht über die vom *Massachusetts Institute of Technology* in Boston unternommene Expedition nach Sumatra zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 18. Mai 1901 beschreibt Verf. eine von Prof. E. C. Pickering vorgeschlagene und von W. P. Gerrish ausgeführte Vorrichtung zur automatischen Regulierung der parallaktischen Fernrohrbewegung, die aber auch bei vielen anderen Zwecken gute Dienste leisten dürfte.

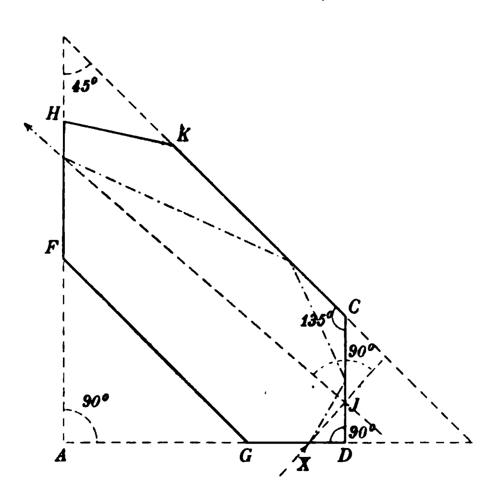


Das Halbsekundenpendel P (s. die Figur) ist unten an seiner Spitze mit einem Metallbogen versehen, welcher, solange das Pendel nach links ausschlägt, durch Berührung eines in der Figur der Deutlichkeit halber etwas tiefer gezeichneten Quecksilbertropfens einen Stromkreis schließt. Der durch das Relais R angezogene Anker schließt dann einen zweiten Stromkreis, in welchen der Motor M eingeschaltet ist, durch den die Scheibe K bewegt wird. Diese besteht zur Hälfte aus Metall, zur Hälfte aus Hartgummi, sodaß eine Beschleunigung der Rotation nur eintritt, solange der Kontakt E auf der metallenen, in der Figur schraffierten Hälfte der Scheibe aufliegt. Ist die Geschwindigkeit gut reguliert, sodaß die Scheibe in einer Sekunde sich genau einmal umdreht, so wird der zweite Stromkreis in jeder Sekunde solange geschlossen sein, als etwa der Bogen BD sich unter dem Kontakt E vorbeibewegt. Geht der Motor zu rasch, so wird beim nächsten Stromschluß nicht B, sondern C unter E stehen und der Stromkreis nur, während der Bogen CD sich unter E vorbeibewegt, geschlossen sein, sodaß eine geringere Beschleunigung des Motors eintritt als in der vorigen Sekunde. Geht dagegen der Motor zu langsam, so wird während der nächsten Sekunde ein längerer Stromschluß, etwa von A bis D erfolgen. Zur Erzielung einer möglichst gleichförmigen Geschwindigkeit ist auf der Achse des Motors ein verhältnismäßig schweres Schwungrad angebracht. Vorteilhaft läßt sich die Schaltung auch folgendermaßen treffen. Der Motor ist mit der Batterie und einem Vorschaltwiderstand ständig hinter einander geschaltet und die Größe des letzteren ist so bemessen, daß die Tourenzahl des Motors etwas geringer als die erforderliche ist. Durch Kurzschließen dieses Vorschaltwiderstands mittels der beschriebenen Reguliervorrichtung kann dann in jeder Sekunde eine kleine Beschleunigung erzeugt werden, während die Geschwindigkeits-Schwankungen in viel geringeren Grenzen bleiben als bei der ersten Anordnung, wo der Motor ganz stromlos wird. Aus dem Ticken des Ankers und dem Surren des Motors kann man leicht erkennen, ob die Bewegung in der gewünschten Regelmäßigkeit erfolgt. Die Batterie bestand im vorliegenden Fall aus 6 Akkumulatoren mit einer Entladestromstärke von 5 Amp. *Kn.*

Theorie der topographischen Refraktionsinstrumente.

Von O. Jacoangeli. *Rivista di Topogr. e Catasto* **14.** *S. 136. 1901/02.*

Diese Studie beschäftigt sich mit solchen Prismeninstrumenten zur Absteckung gerader Linien und rechter Winkel, die einen unveränderlichen Scheitelpunkt des flachen oder rechten Winkels haben (der Verf. nennt sie Prismeninstrumente mit anallaktischem Punkt); sie bildet die Fortsetzung des Aufsatzes desselben Verfassers über die Reflexionsinstrumente mit Spiegeln im Jahrgang 1898 von *„Il Politecnico"*. Als wichtigstes Beispiel sei das zum Abstecken rechter Winkel bestimmte *„Prisma centralmente anallattico"* angeführt. Es ist (vgl. die Figur) sechsseitig, doch kommt nur in Betracht, daß der (weggeschnittene) Winkel bei $A = 90^0$ ist, daß ferner bei D und C die Winkel 90^0 und 135^0 vorhanden sind und daß also der Winkel zwischen CK und FH 45^0 ist; die Richtung der Abschrägungen HK und FG ist gleichgültig. Das Prisma ist in eine Metallfassung gesetzt, die zwei Objektivöffnungen, auf FH und rechts von KC, und bei X eine Okularöffnung hat. Der unveränderliche Scheitel des rechten Winkels (anallaktischer Punkt) befindet sich bei J; er ist an der Fassung durch einen kleinen Vorsprung bezeichnet, sodaß er herabgelotet werden kann.



Hammer.

Eine neue Form der Cavendish-Wage.

Von G. K. Burgess. *Phys. Rev.* **14.** *S. 247. 1902.*

Der Aufsatz ist ein Auszug aus einer Dissertation, betitelt: *Recherches sur la constante de gravitation*, Paris 1901. Der Verfasser hat die Empfindlichkeit der Cavendish-Wage dadurch beträchtlich erhöht, daß er das Gewicht der beiden inneren (angezogenen) Kugeln der Wage in folgender Weise nahezu aufgehoben hat. Zentrisch unter dem 12 *cm* langen Arm, der an seinen Enden die inneren Kugeln trägt, ist an einem kurzen dünnen Stiel ein Hohlzylinder befestigt, der in einen etwas größeren, mit Quecksilber gefüllten Zylinder eintaucht. Die Größe des ersteren ist so bemessen, daß nach dem Eintauchen das Gewicht der beiden inneren, je 2 *kg* schweren Kugeln zusammen mit dem des Armes bis auf 5 oder 10 *g* kompensiert ist. Der zweite Zylinder enthält so viel Quecksilber, daß der Hohlzylinder vollständig eintaucht; nur der dünne Stiel tritt durch die Quecksilberoberfläche.

Bei dieser Anordnung braucht der Quarzfaden nur einen Durchmesser von 0,03 *mm*, bei 35 *cm* Länge, zu haben. Die äusseren anziehenden Kugeln haben ein Gewicht von je 10 *kg*, die Entfernung ihrer Mittelpunkte ist 36 *cm*. Alle Teile des Apparates sind zentrierbar. Die Dauer einer Schwingung ist größer als eine Stunde; die anziehende Kraft betrug etwa 0,01 Dyne. Bei der höchsten Empfindlichkeit, die mit dem Apparat erreichbar war, erhielt Verf. an einer Skale in 2,6 *m* Entfernung Ausschläge von 1 *m* Länge.

Der Nullpunkt erwies sich unter Innehaltung mehrerer Vorsichtsmaßregeln, von denen die wichtigste eine durchweg gleichmäßige Temperatur ist, als genügend konstant.

Der Beschreibung des Apparates folgt ein sehr kurzer Abriß der Theorie und ein Beispiel. Die Berechnung der bisher erhaltenen Beobachtungen hat die Brauchbarkeit des Apparates erwiesen; zugleich geht aus ihnen hervor, daß er, bei mehreren Vorzügen anderen Apparaten gegenüber, noch verfeinert werden kann. *Sn.*

Vakuum-Thermoelemente als Strahlungsmesser.

Von P. Lebedew. *Ann. d. Physik* **9.** *S. 209. 1902.*

Wiederholt ist von verschiedenen Forschern auf die Vorteile hingewiesen worden, welche sich bei Strahlungsmessungen dann ergeben, wenn die Thermoelemente oder Bolometerwiderstände sich in einem evakuierten Raum befinden. In der vorliegenden Arbeit

untersucht der Verf. hinsichtlich der Thermoelemente die Steigerung der Empfindlichkeit mit einer fortschreitenden Verdünnung des Vakuums. Die benutzten Thermoelemente waren aus Konstantan- und Platindrähten von 0,025 *mm* Durchmesser gebildet und befanden sich, an eingeschmolzenen dickeren Platindrähten befestigt, in evakuierbaren Glasröhren oder Glaskugeln; die Kontaktstellen waren galvanisch schwarz platiniert. Ferner wurde ein aus demselben Material hergestelltes blankes Thermoelement untersucht, wie es nach dem Vorgange von Klemenčič (*Wied. Ann.* **42.** *S. 416. 1891;* **45.** *S. 78. 1892*) zum Nachweis elektrischer Schwingungen verwendet wird.

Als praktisches Ergebnis dieser Versuche ist mitzuteilen, daß bei Verdünnungen bis 0,01 *mm*, bei welchen also noch die Verwendung eingekitteter, die Strahlung durchlassender Fenster möglich ist, die Empfindlichkeit des geschwärzten Thermoelements auf das 7-fache, die des blanken auf das 25-fache gesteigert wird. Weitere Verdünnung vermehrt die Empfindlichkeit nur unerheblich. *Rt.*

Über die Formen der Interferenzkurven, die das Michelsonsche Interferometer liefert.

Von J. C. Shedd. *Phys. Rev.* **11.** *S. 304. 1900.*

Die von Michelson aufgestellte Gleichung der im Interferometer erzeugten Interferenzkurven ist vom 2. Grade, ihre Koeffizienten sind Funktionen des Abstandes und des Neigungswinkels zwischen den beiden interferierenden Ebenen, der in dem betrachteten Bildpunkte erzeugten Phasendifferenz und der Entfernung des Ortes der Interferenzerscheinung von einer der interferierenden Ebenen. Nachdem die Gleichung in der üblichen Weise für spezielle Werte der Parameter kurz diskutiert worden ist, stellt der Verfasser den allgemeinen Ausdruck für die *Exzentrizität* der Interferenzkurven auf und benutzt diesen, um die Fülle der am Interferometer zu beobachtenden Erscheinungen sehr anschaulich abzuleiten. geradlinige, kreisförmige, elliptische, hyperbolische und parabolische Kurven, stetiger Übergang aus einer Form in die andere, Wanderung des Bildortes u. s. f. Das Zustandekommen kreisförmiger Interferenzringe in dem Falle, wo beide interferierenden Flächen optisch zusammenfallen (das virtuelle Bild der einen liegt auf der anderen Fläche), wird durch den Phasenunterschied erklärt, den die nur zur Trennung der Büschel dienende halbdurchlässig versilberte Glasplatte den Büscheln erteilt. *Lö.*

Ausmessung einiger Endmaßstäbe in Wellenlängen.

Von A. Perot und Ch. Fabry. *Ann. de chim. et de phys.* **24.** *S. 119. 1901.*

Die Ausmessung von Endmaßstäben in Wellenlängen muß stets auf die von Luftplatten zurückgeführt werden, selbst wenn die Endmaßstäbe, wie Glas- und Quarzplatten, aus durchsichtigem Material bestehen. Wollte man solche direkt in Wellenlängen auswerten, so würde in die Messungen der Brechungsexponent der Platte eingehen, der sich aber nicht mit genügender Genauigkeit bestimmen läßt.

Die von den Verfassern verwendeten Luftplatten werden bekanntlich (*diese Zeitschr.* **21.** *S. 238. 1901*) in der Weise hergestellt, daß man je eine gut plane Fläche zweier schwach keilförmigen Glasplatten leicht versilbert und diese so aufstellt, daß die versilberten Flächen einander zugekehrt und parallel sind; die einander zugekehrten Flächen der beiden Silberschichten bilden dann die planparallele Luftplatte, gleichsam einen Maßstab mit inneren Enden. Um die beiden Silberflächen einander parallel zu stellen, wird folgendermaßen verfahren. Man justiert zunächst roh, d. h. allerdings schon bis auf etwa eine halbe Sekunde genau, indem man in bekannter Weise das direkte Bild einer in der Brennebene einer Linse befindlichen, sehr kleinen leuchtenden Fläche und ihr nach mehrmaliger Reflexion der Strahlen in der Luftplatte entstehendes, zehntes, noch hinreichend lichtstarkes Bild zur Deckung bringt. Um dann den kleinen noch vorhandenen Keilwinkel so weit zu verringern, als es die Beschaffenheit der beiden Planflächen zuläßt, untersucht man die Luftplatte mit Hülfe der Haidingerschen Interferenzringe im homogenen Lichte auf Parallelismus nach der Lummer-

schen Methode. Vor der Luftplatte wird ein Schirm mit feinem Loch aufgestellt, durch welchen der in Wirksamkeit tretende Teil der Platte eng begrenzt wird. Man justiert nun an den beiden Glasplatten so lange, bis bei Bewegung des Lochs über die ganze Luftplatte hin die Ringe möglichst stillstehen bleiben. Alsdann ist die Luftplatte möglichst parallel gemacht.

Diese letzte feine Justierungsmethode ist nicht mehr anwendbar, wenn die Dicke der Luftplatte so groß wird, daß das verwendete Licht nicht mehr interferenzfähig ist. In solchen Fällen muß man sich der durch Superposition entstehenden Interferenzstreifen bedienen. Mit ihrer Hülfe und mittels einer zuvor justierten Luftplatte von der Dicke E können dann auch solche von $2E$, $3E$ u. s. w. Dicke parallel gemacht werden, und zwar unter Anwendung von weißem Licht. Es sei z. B. eine Luftplatte von der Dicke E gegeben, die nicht mehr mit homogenem Lichte mittels der Lummerschen Methode zu justieren ist, während die Platte von der Dicke $E/3$ eine solche Justierung noch zulasse. Diese letzte Luftplatte (E') liefert das Interferometer (*diese Zeitschr.* **21.** *S. 237. 1901*), welches die eine Glasplatte parallel zur andern zu verschieben und so Luftplatten von variabler Dicke herzustellen gestattet. Man schickt nun weißes Licht durch die hinter einander stehenden Platten E und E' und ändert die Dicke E' in der Nähe von $E' = E/3$ solange, bis die durch Superposition entstehenden Ringe auftreten. Darauf wird E' mit homogenem Lichte möglichst parallel gemacht und zu E roh parallel gestellt. E habe noch den Keilwinkel ε. Beleuchtet man nunmehr die beiden Platten mit senkrecht auffallendem, parallelem Licht, das von einer in der Brennebene einer Linse befindlichen, sehr kleinen, weiß leuchtenden Fläche herrührt, und visiert mit dem Fernrohr die Platte E' an, so erblickt man Fizeausche Streifen, welche geradlinig sind, in gleichen Abständen und senkrecht zur Richtung des Keils ε liegen und folgendermaßen entstehen. Der in E zweimal reflektierte, durch E' direkt hindurchgegangene Strahl und der durch E direkt hindurchgegangene, in E' sechsmal reflektierte Strahl haben eine äußerst geringe Wegdifferenz und die Neigung 2ε gegeneinander. Die Gesamtheit aller in dieser Weise hindurchgegangenen Strahlen veranlaßt daher das Auftreten Fizeauscher Streifen, die analog denjenigen sind, welche eine entsprechend dünne keilförmige Luftschicht liefern würde. Man kann nun leicht E so justieren, daß der Abstand der Streifen immer größer wird und schließlich das Gesichtsfeld nur noch eine gleichmäßige Färbung zeigt; alsdann ist $\varepsilon = 0$ gemacht. Da man durch passende Wahl der Dicke E' des Interferometers bei der gleichmäßigen Färbung die für das Auge empfindlichste Farbe nehmen kann, so ist diese Justierungsmethode eine sehr genaue.

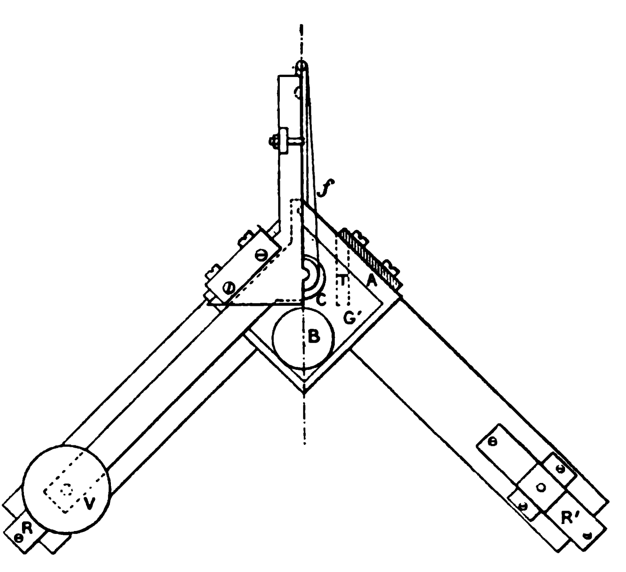


Fig. 1.

Zur Ausmessung gelangt zunächst ein von der *Section technique de l'Artillerie* hergestellter Dicken-Etalon von 116 *mm* Länge. Er besteht aus einem 12 *mm* Durchmesser besitzenden Stahlzylinder, an seinen beiden Enden begrenzt von Kugelflächen, deren gemeinsames Zentrum mit dem Mittelpunkt des Zylinders zusammenfällt. Die Länge dieses Kalibermaßstabes ist demnach gleich dem Abstande zweier beliebigen parallelen Ebenen, welche die Kugelflächen berühren; es ist also theoretisch nicht erforderlich, daß die Zylinderachse zu den Ebenen

senkrecht steht. Da indessen die beiden Endflächen nicht genau ein und derselben Kugel zugehörten, so wurde als Länge der Abstand der beiden senkrecht zur Zylinderachse stehenden Berührungsebenen definiert. Diese liefern die planen Oberflächen zweier versilberten Glasplatten, welche wegen der starken Krümmung der Zylinder-Endflächen mit diesen in mechanischen Kontakt gebracht werden können. Die Einzelheiten des hierfür verwendeten Apparats sind aus den Fig. 1 und 2 ersichtlich.

Die Durchbohrung *B* des Kupferblockes *A* dient dem Licht zum Durchgang; in der Durchbohrung *C* ist der Etalon mittels der beiden Eisendrähte *f* und *f'* frei aufgehängt. Während die Glasplatte *G* fest mit dem Kupferblock verbunden ist, wird *G'* mit Hülfe der Masse *P* und des Hebels *D* gegen den Etalon gepreßt und daher mit gleicher Kraft (gleich dem Gewicht von 204 *g*) auch dieser gegen *G*. An den Berührungsstellen von *G* und *G'* mit dem Etalon ist die Versilberung von den Glasplatten entfernt. Die Justierung von *G'* erfolgt mittels zweier Stellschrauben *V* und zweier mit Wasser gefüllter Kautschukballons, durch welche die Stahlfedern *R* und *R'* deformiert werden können. In die Aushöhlung *T* des Kupferblocks wird ein Thermometer eingeführt, das die Temperatur des Etalons messen soll.

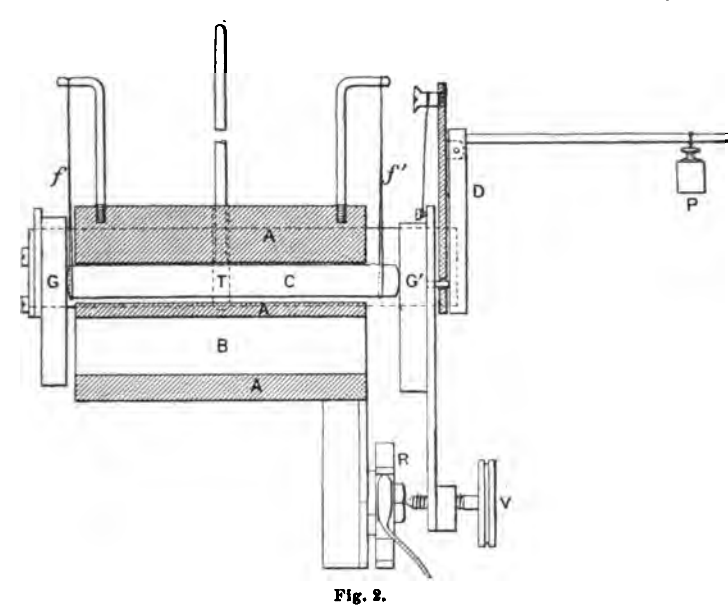


Fig. 2.

Zunächst muß die Zylinderachse senkrecht zu *G* gestellt werden. Zu dem Zweck wird auf dem Etalon nahe bei *G'* justierbar eine kleine versilberte Glasplatte *I* (in den Figuren nicht gezeichnet) befestigt. Indem man auf passender Unterlage den Zylinder um seine Achse dreht, kann durch Autokollimation *I* senkrecht zur Zylinderachse gestellt werden. Nach dem Einsetzen des Etalons in den Apparat bedeckt *I* einen kleinen Teil des Lochs *B*. Man kann daher, mit Hülfe des durch mehrmalige Reflexion entstehenden Bildes, *I* parallel *G*, d. h. die Zylinderachse senkrecht zu *G* justieren, indem man die Länge des Drahtes *f'* ändert und seinen Träger dreht. Darauf wird unter Zuhülfenahme des Interferometers, wie beschrieben, *G'* zu *G* genau parallel gestellt und der Abstand der einander zugekehrten Silberflächen von *G* und *G'* in bekannter Weise in Wellenlängen ausgedrückt. Dabei ist die Änderung der Wellenlänge mit Temperatur und Druck und die Ausdehnung des Etalons zu berücksichtigen. So ergaben vier Messungsreihen den auf 0° reduzierten Abstand der Silberflächen im Mittel zu 115,99900 *mm*, wobei die größte Abweichung vom Mittel 0,07 μ beträgt.

Die Länge des Etalons ist aus zwei Gründen ein wenig größer als der so gefundene Abstand der Silberflächen, erstens weil an den Berührungsstellen von *G* und *G'* mit dem Etalon die Silberschichten entfernt sind und zweitens weil durch den auf *G'* ausgeübten Druck die beiden Glasplatten und der Etalon an ihren Berührungsstellen deformiert werden. Zur Bestimmung der aus dem ersten Umstande entspringenden Korrektion werden *G* und *G'* so aufgestellt, daß sich zwischen ihnen nur eine sehr dünne, nicht völlig parallele Luftschicht befindet. Mit homogenem Lichte erhält man dann zwei Streifensysteme, deren eines von der Luftschicht zwischen den Silberflächen, deren anderes von der Luftschicht zwischen den Glasflächen herrührt an der Stelle, wo die Silberschichten entfernt sind. Aus der Verschiebung der beiden Streifensysteme gegen einander ließ sich folgern, daß der Abstand der Glasflächen um 0,06 μ größer ist als der der Silberflächen.

Um die Größen der Deformationen zu bestimmen, wird ohne Lagenänderung des Etalons die Platte I ein wenig gegen G' geneigt. In der dünnen, keilförmigen Luftschicht treten dann mit homogenem Lichte Fizeausche Streifen auf, die wandern werden, wenn man die Masse P variiert, weil dadurch die Dicke der Luftschicht geändert wird. Durch Messung der Streifenverschiebungen kann man daher die Luftdicke als Funktion des auf G' wirkenden Druckes darstellen und aus der so erhaltenen Kurve die Luftdicke für den Druck Null extrapolieren. Auf diese Weise ergab sich, daß für das Gewicht von 204 *g* die Luftdicke um 0,242 μ geringer ist als beim Druck Null. Für beide Enden zusammengenommen beträgt die Deformation also 0,48 μ. Beachtet man nun, daß G und G' nur in der Nähe der Berührungsstellen mit dem Etalon etwas eingedrückt werden, so ist demgemäß die Länge des nicht deformierten Etalons bei 0° gleich 115,99900 *mm* + 0,06 μ + 0,48 μ = 115,99954 *mm*.

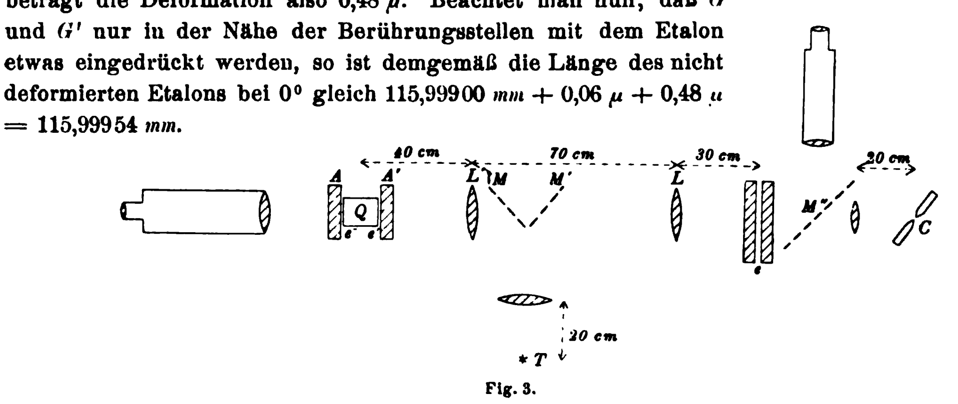


Fig. 3.

Die von Jobin geschliffenen Etalons sind 7 *mm* dicke Quarzzylinder von 12 *mm* Durchmesser mit versilberten, planparallelen Flächen, durch deren Abstand die Länge des Etalons definiert wird. Zu ihrer Ausmessung dient der in Fig. 3 skizzierte Aufbau von Apparaten. Die Quarzplatte Q steht symmetrisch und sehr wenig so geneigt zu den Glasplatten A und A' des Interferometers, daß die Richtung der beiden gleich dünnen Luftkeile e' und e'' zwischen Quarz und Glasplatten vertikal liegt. e ist ein Dicken-Etalon, dessen Luftplatte von der sehr geringen Dicke $e = e' + e''$ schwach keilförmig ist; die Richtung dieses Luftkeils liegt horizontal. Da e in der Brennebene der Linse L ($f = 30$ *cm*) und Q in der Brennebene von L' ($f = 40$ *cm*) steht, so wird e in Q abgebildet. Ferner ist der Abstand der Linsen L und L' gleich der Summe ihrer Brennweiten gewählt. Dadurch wird erreicht, daß ein durch e gehendes Parallel-Strahlenbüschel auch das Interferometer als paralleles Strahlenbüschel durchsetzt. Läßt man nun die vom Mittelpunkte eines sehr kleinen, mit elektrischem Bogenlicht c beleuchteten, in der Brennebene einer Linse befindlichen Diaphragmas ausgehenden Strahlen senkrecht auf e und A' auffallen und visiert mit einer Lupe Q an, so erblickt man zahlreiche, durch Superposition der drei Luftschichten e, e' und e'' entstehende Streifensysteme, darunter eines mit vertikalen Streifen, welches $e = e' + e''$ entspricht und dessen weißer Streifen wandert, wenn man durch Verschieben von A' die an allen Stellen gleich große Dicke $e' + e''$ ändert. Der Etalon e trägt eine vertikale Marke, auf die der weiße Streifen eingestellt wird. Längs dieser ist dann die Dicke e gerade gleich $e' + e''$.

Die Dicke der Quarzplatte ist also gleich dem Abstande E der Platten A und A' weniger der Dicke e bei der Marke. Die Ausmessungen von E und e können gleichzeitig von zwei Beobachtern mittels der im Brennpunkt einer Linse befindlichen Kadmiumröhre T vorgenommen werden. Ihr Licht gelangt zum Teil nach Reflexion an dem Spiegel M durch L' und das Interferometer in ein auf Unendlich gestelltes Fernrohr, in welchem demnach Interferenzringe entstehen, sodaß man in bekannter Weise durch Beobachtung der Koinzidenzen E bestimmen kann. Ein anderer Teil des Lichtes gelangt nach Entfernung der Linse L durch Reflexion an den Spiegeln M' und M'' in ein auf den Etalon e eingestelltes Fernrohr; das in diesem auftretende Streifensystem gestattet, die Dicke e der Luftschicht längs der Marke auszuwerten.

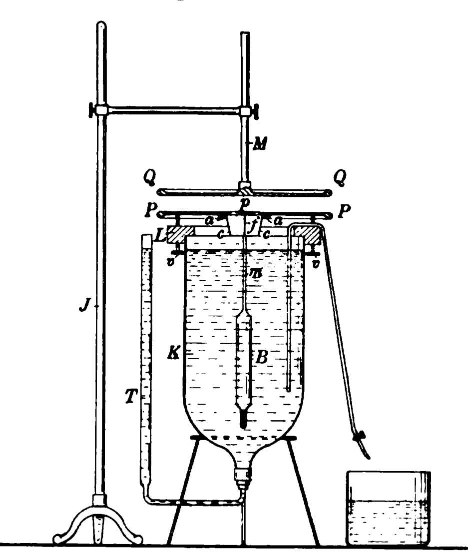
Leider dürften in Deutschland zur Zeit noch nicht Einrichtungen vorhanden sein, um so genaue Längenmessungen ausführen zu können. Hoffentlich wird sich das bald ändern.

Schck.

Absolutes Elektrometer.

Von E. Pasquini. *Nuovo Cimento 2. S. 302. 1901.*

Das vom Verf. angegebene absolute Elektrometer soll zur Messung der Potentialdifferenz großer Funkenstrecken dienen und ist im wesentlichen ein Elektrometer mit Schutzring, bei welchem, wie bekannt, die Anziehungskraft zwischen der festen und der beweglichen Platte als Maß für die Potentialdifferenz dient. Das Instrument besteht aus einem Glasgefäß *K* (vgl. die Figur), welches von einem starken Dreifuß getragen wird. Das mit destilliertem Wasser gefüllte Gefäß steht in Verbindung mit einem seitlichen Rohr *T*, an dem die Standhöhe des Wassers gemessen wird; auf dem oberen Rand von *K* lagert ein Holzring *L* mit drei Mikrometerschrauben *v v*, mit denen die als Schutzplatte dienende polierte Kupferplatte *PP* horizontal gerichtet wird. Die Platte hat einen Durchmesser von 42 *cm*, ihre Dicke beträgt am Rande 1 *cm*, innen des geringeren Gewichts wegen nur 2,5 *mm*; die mittlere Öffnung derselben hat einen Durchmesser von 2,8 *cm*. Über dieser Platte befindet sich eine ganz gleich gestaltete, aber nicht durchbrochene Platte *QQ*, die von einem isolierten Stabe *M* gehalten wird; dieser ist mittels eines Armes an dem Stativ *J* befestigt. Durch zwei rechtwinklig zueinander bewegliche Gelenke kann die Platte *QQ* zu *PP* parallel gerichtet werden. Die kleine bewegliche Platte *p* bildet die obere Schale eines im Wasser schwimmenden Aräometers *B* mit konstantem Volumen. Seine aus Aluminium bestehende Spindel *m* hat eine Länge von 8 bis 10 *cm*; an ihrem oberen Ende befindet sich ein kleiner Ring, auf dem ein dünner Kupferdraht *f* befestigt ist, der seinerseits die Scheibe *p* trägt. Das andere Ende der Spindel läßt sich auf einen anderen Ring aufschrauben, der am oberen Ende des Aräometergefäßes sitzt. Auf diese Weise kann man die Spindel leicht auswechseln und dadurch die Empfindlichkeit des Apparates verändern. Die aus Kupfer bestehende, gut ebene Platte *p* hat einen Durchmesser von 2,55 *cm* und eine Dicke von 0,5 *mm*. An dem Kupferdraht *f* sind noch zwei dünne Metallarme *cc* derart angebracht, daß sie an die untere Fläche von *PP* anstoßen, wenn die obere Fläche von *p* sich in einer Ebene mit der oberen Fläche der Schutzplatte *PP* befindet. Damit die Scheibe *p* stets zentriert bleibt, ist an der unteren Fläche von *PP* noch ein Ring *a* befestigt, in den die Metallarme *cc* hineinpassen.



Der Versuch wird in der Weise angestellt, daß zunächst soviel Wasser in das Gefäß *K* gegossen wird, bis die Arme *cc* gerade an die Platte anstoßen. Wenn dann die beiden Platten *PP* und *QQ* auf die Potentiale V_1 und V geladen sind, wird soviel Wasser mittels des Hebers abgelassen, daß die Berührung gerade noch bestehen bleibt. Dann ist die Kraft der elektrischen Anziehung beider Platten gleich dem Auftrieb, welchen der vom Wasser freigewordene Teil der Spindel *m* vor der Ladung der Platten erfuhr. Bezeichnet *h* diese Länge der Spindel, *r* den Radius derselben, *d* die Dichte der verdrängten Flüssigkeit, *g* den Wert der Schwerekonstante, so ist diese Kraft $F = \pi r^2 h d g$; andererseits ist auch $F = R^2 \pi (V_1 - V)^2 / 8 \pi D^2$, wenn *R* den Radius der beweglichen Scheibe *p* und *D* den Abstand der Platten bedeutet. Somit berechnet sich die zu messende Potentialdifferenz als

$$V_1 - V = \frac{rD}{R} \sqrt{8 \pi g d h}.$$

Die Funken, deren Potential gemessen wurde, sprangen über zwischen Kugeln von 22 *mm* Durchmesser, die mikrometrisch verstellbar waren; die eine derselben stand mit der Platte *QQ* und mit der inneren Belegung von vier hinter einander geschalteten Leydener

Flaschen von kleiner Kapazität in Verbindung. Die äußeren Belegungen derselben waren an die andere Kugel sowie an die Platten *PP* und *p* angelegt. Die Ladung der Batterien geschah durch eine Wimshurstsche Elektrisiermaschine, die von einem kleinen Elektromotor angetrieben wurde. Die Beobachtungen fanden zwischen den Temperaturen von 4° und 12° statt, die Höhenunterschiede des Wassers im Rohr *T* wurden kathetometrisch bestimmt; der Radius *R* betrug 1,275 *cm*, der Radius *r* der Spindel 1 bis 1,5 *mm*, die Schwerekonstante war 980,3. Verf. untersuchte die Größe des Potentials bei derselben Funkenlänge für verschiedene Spindeldurchmesser und verschiedene Plattenabstände *D* und fand eine sehr gute Übereinstimmung der Resultate. Die erhaltenen Zahlen, welche sich auf Funkenlängen von 2 bis 100 *mm* beziehen, sind zunächst in einer Kurve aufgetragen, aus der die auf runde Funkenlängen δ bezogenen Potentialwerte *V* (in elektrostatischen Einheiten; Einheit gleich 300 Volt) der folgenden Tabelle von 2 zu 2, bezw. 4 zu 4 *mm* Funkenlänge entnommen sind.

δ *mm*	*V*	δ *mm*	*V*	δ *mm*	*V*
2	24	28	208	54	274
4	45	30	217	58	281
6	66	32	222	62	286
8	82	34	229	66	293
10	100	36	235	70	297
12	120	38	239	74	301
14	140	40	244	78	304
16	155	42	248	82	309
18	166	44	254	86	313
20	177	46	259	90	318
22	187	48	263	94	322
24	194	50	266	98	326
26	202			100	327

Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf Kugeldurchmesser von 22 *mm* und gelten zunächst nur für die vom Verf. eingehaltenen Versuchsbedingungen. *W. J.*

Neu erschienene Bücher.

S. Stampfer, Theoretische u. praktische Anleitung zum Nivellieren. 10. Aufl., umgearb. v. Ed. Doležal. gr. 8°. XIV, 308 S. m. 86 Fig. Wien, C. Gerolds Sohn 1902. 6,00 M.

Daß das Buch des frühern Professors der praktischen Geometrie am Polytechnischen Institut in Wien, Simon Stampfer, ein *„standard work"* der Höhenmessung ist, brauche ich hier nicht zu sagen. Der Verf. hatte bis 1864 5 Auflagen seines 1845 zuerst erschienenen Buchs selbst besorgt, dann übernahm Prof. Herr die nächsten 3 Auflagen bis 1884; 10 Jahre später kam eine stark veränderte und vermehrte Neubearbeitung, fast ein völlig neues Buch von Prof. Lorber unter dem Titel „Das Nivellieren, zugleich 9. Aufl. . . ." heraus, und es war mit Rücksicht auf das im Eingang Gesagte gerechtfertigt, neben diesem an sich sehr wichtigen Lorberschen Werk eine neue Ausgabe von geringerem Umfang und engerem Wiederanschluß an die Stampfer-Herrsche Arbeit erscheinen zu lassen, die nun in dieser 10. Aufl. Prof. Doležal bietet. Sie enthält an Erweiterungen wesentlich nur die Beschreibung einiger neuer Nivellierinstrument-Konstruktionen, ein kurzes Kapitel über die Ausgleichung von Nivellements (das z. B. auf das Höhenglied im Ausdruck für das Gewicht einer Nivellementsstrecke nicht eingeht) und einen Abschnitt über „Behandlung und Pflege des Nivellierapparates", endlich Tabellen zur Berechnung von Distanz und Höhe auch für die Kategorien B und C der Nivellierinstrumente mit Stampferscher Schraube aus der Werkstätte von Starke & Kammerer, nicht nur für die Instrumente A wie früher.

Was das Buch von andern Lehr- und Handbüchern des Nivellierens unterscheidet, ist bekanntlich der 6. Abschnitt, die Anwendung des Stampferschen Nivellierinstruments. Dieses Nivellierverfahren mit Höhenwinkelmessung durch eine feine Sehnenschraube, das in dem Hogreweschen Verfahren (1800) einen Vorläufer hatte, ist besonders in Österreich seit 66 Jahren viel benutzt worden: im Jahr 1836 kam das Instrument mit seiner früher für geodätische Feldinstrumente unerhört fein gearbeiteten Schraube in den Handel (Patent Stampfer und Starke); es wurde bis 1873 von der bis dahin bestehenden Werkstatt des Polytechnischen Instituts, seither von der Firma Starke & Kammerer in Wien hergestellt. Das Prinzip der Anwendung der „Stampferschen Schraube" auf Entfernungsmessung und Nivellieren ist das, daß mit ihrer Hülfe die Höhenwinkel nach zwei in bekanntem konstanten Abstand an der vertikal im Endpunkt der Strecke stehenden Latte angebrachten Marken genau gemessen werden, genauer als dies mit einem Höhenkreis auch bei feiner Ablesevorrichtung möglich wäre. Als „Distanzmesser" gehört der Apparat in die Klasse IIa meiner Einteilung (s. *Zeitschr. f. Vermess.* **20.** *S. 194. 1891*); beim Nivellieren braucht der Ausdruck für die Entfernung nicht benutzt zu werden, man erhält die Höhen explizit. Sind o und u die Ablesungen an der Schraubentrommel für Einstellung der obern und untern Lattenmarke, ferner h die Schraubenablesung bei genau einspielender Libelle (horizontal liegender Ziellinie), so ist für kleinere Neigungen der Ziellinien nach den Lattenmarken, wenn noch d deren bekannten Abstand bezeichnet, der vertikale Abstand der untern Lattenmarke von der horizontalen Zielung gegeben durch

$$T = d\,\frac{h-u}{o-u}$$

oder, wenn die untere Marke den Abstand λ vom Aufsetzpunkt der Latte hat, die (fingierte) Lattenablesung L, wie sie beim gewöhnlichen Nivelliervorgang und bei genügend langer Latte erhalten würde,

$$L = d\,\frac{h-u}{o-u} + \lambda.$$

Diese *berechneten* Lattenablesungen L werden ganz wie die beim gewöhnlichen Nivellement direkt gemachten zur Rechnung verwendet.

Auch in der Anwendung als Distanzmesser leistet das Stampfersche Nivellierinstrument noch Gutes; die horizontale Entfernung D zwischen Instrument und Latte ergibt sich aus

$$D = C\cdot\frac{d}{o-u}.$$

Bei den größern Instrumenten (Kategorie A) mit der Konstanten 324 wird der Fehler ΔD in D, wenn x den Fehler in $(o-u)$ bezeichnet,

$$\Delta D = \frac{D^2 x}{324\,d};$$

beträgt z. B., was sich bei günstigen Umständen erreichen läßt, $x = 0{,}003$ Umgänge der Schraube und der Abstand der Zielscheiben auf der Latte ist 2,000 m, so erhält man folgende Übersicht:

D	$d = 2\ m$ ΔD
100 m	0,05 m
200 „	0,18 „
300 „	0,42 „
500 „	1,16 „

Bei der schärfern Theorie des Instruments genügt die oben vorausgesetzte lineare Beziehung zwischen dem Wert des Höhenwinkels und der Zahl der Schraubenumdrehungen nicht, es kommt vielmehr ein kleines quadratisches Glied hinzu, sodaß z. B. für ein bestimmtes Instrument die Winkelgleichung lautet

$$w'' = 640{,}61''\,(m-n) - 0{,}0714''\,(m^2-n^2),$$

wobei man selbstverständlich w einer zu berechnenden Tafel entnimmt.

Sehr eingehend ist die Anleitung zur richtigen Behandlung der Instrumente gehalten.

Der letzte Teil des Buches gibt Hülfstafeln, je für die Kategorien A, B, C der Stampfer-Starkeschen Instrumente (Konstante C für die Entfernungsmessung 324, 280 und 225; Winkelwert einer Umdrehung der Schraube rund 640″, 740″ und 920″) zur Entnahme des Hauptglieds und der Korrektionsglieder der Entfernungsmessung, für die erste und zweite Korrektion an $\frac{h-u}{o-u}$ und zur Übersetzung der Schraubenablesungen in Höhenwinkel; der Anhang ist ein genaues Preisverzeichnis der Firma Starke & Kammerer in Wien, soweit es für das vorliegende Buch in Betracht kommt.

Der sorgfältigen Neubearbeitung des altbekannten Buchs ist dieselbe weite Verbreitung wie den frühern Auflagen zu wünschen. *Hammer.*

Jahrbuch d. Chemie. Bericht üb. d. wichtigsten Fortschritte der reinen u. angewandten Chemie. Hrsg. v. R. Meyer. XI. Jahrg. 1901. gr. 8°. XII, 548 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1902. 14,00 M.; geb. in Leinw. 15,00 M.; in Halbfrz. 16,00 M.

A. Ladenburg, Vorträge üb. d. Entwickelungsgeschichte der Chemie von Lavoisier bis zur Gegenwart. Gleichzeitig 3. verm. Aufl. d. Entwickelungsgeschichte der Chemie in den letzten 100 Jahren. gr. 8°. X, 398 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1902. Geb. in Leinw. 7,00 M.

Sammlung Schubert. V, XXVII u. XXXIV. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw.

V. H. Schubert, Niedere Analysis. 1. Tl. Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Kettenbrüche u. diophant. Gleichgn. VII, 181 S. 1902. 3,60 M. — XXVII. K. Doehlemann, Geometrische Transformationen. 1. Tl. Die projektiven Transformationen nebst ihren Anwendg. VII, 322 S. m. 99 Fig. u. 6 Abbildg. 1902. 10,00 M. — XXXIV. K. Zindler, Liniengeometrie mit Anwendungen. 1. Bd. VIII, 380 S. m. 87 Fig. 1902. 12,00 M.

J. H. van 't Hoff, Acht Vorträge üb. physikalische Chemie, geh. auf Einladung der Universität Chicago. gr. 8°. VII, 81 S. m. Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1902. 2,50 M.

E. Hegemann, Übungsbuch f. die Anwendg. der Ausgleichsrechng. nach der Methode der kleinsten Quadrate auf die praktische Geometrie. 2. verb. u. erweit. Aufl. gr. 8°. VI, 169 S. m. 41 Abbildgn. Berlin, P. Parey 1902. Geb. in Leinw. 5,00 M.

G. Klingenberg, Elektromechanische Konstruktionselemente. Skizzen. In 10 Lfgn. 1. Lfg.: Apparate. schmal Fol. 10 Bl. m. 4 S. Text. Berlin, J. Springer 1902. 2,40 M.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 129—133. 8°. Leipzig, W. Engelmann. Kart.

131. M. Faraday, Experimental-Untersuchgn. üb. Elektrizität. Aus den *Phil. Transact. f. 1838.* Hrsg. v. A. J. v. Öttingen. XIV. u. XV. Reihe. 48 S. m. 2 Fig. im Text. 1902. 0,80 M.

H. Lorenz, Lehrb. der techn. Physik. 1. Bd.: Technische Mechanik starrer Systeme. gr. 8°. XXIV, 625 S. m. 254 Abbildgn. München, R. Oldenbourg 1902. 15,00 M.; geb. 16,00 M.

Monographien üb. angewandte Elektrochemie, hrsg. v. V. Engelhardt. 3. Bd. gr. 8°. Halle, W. Knapp.

3. M. Le Blanc, Die Darstellung des Chroms u. seiner Verbindungen m. Hülfe des elektr. Stromes. VII, 109 S. 1902. 6,00 M.

B. G. Teubners Sammlg. v. Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften m. Einschluß ihrer Anwendungen. IV. Bd. 2. Abt. gr. 8°. Leipzig, B. G. Teubner.

IV. O. Stolz u. J. A. Gmeiner, Theoret. Arithmetik. 2. Abt. Die Lehren v. den reellen u. v. den komplexen Zahlen. 2. umgearb. Aufl. der Abschnitte V-VIII, X, XI des 1. und I, II, V des 2. Teiles der Vorlesgn. üb. allgemeine Arithmetik v. O. Stolz. XI u. S. 99—402 m. 19 Fig. im Text. 1902. 7,20 M.; geb. 8,00 M. Vollständig in 1 Bd. geb. 10,60 M.

M. Chassagny, *Manuel théorique et pratique d'Électricité.* 12°. 366 S. m. 276 Fig. Paris 1902. 3,50 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **Februar 1903.** Zweites Heft.

Präzisionsmessungen an kleinen Widerständen in der Thomsonschen Brücke.

Von
W. Jaeger, St. Lindeck und **H. Diesselhorst.**
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Die in *dieser Zeitschr. **10.** S. 425. 1890* von K. Feussner beschriebenen Konstruktionen kleiner Widerstände haben für die Elektrotechnik, besonders zur genauen Messung starker Gleichströme, große Bedeutung gewonnen[1]).

Die Genauigkeit, welche bei der Vergleichung so kleiner Widerstände und bei ihrer Zurückführung auf die 1 Ohm-Normale erreichbar ist, wird vielfach unterschätzt; in der Tat steht sie der bei der Messung größerer Widerstände erzielten kaum nach. Da über dieses Gebiet noch keine ausführlichen Veröffentlichungen vorliegen, so soll darüber im folgenden eingehend berichtet werden[2]).

Zur Messung der Widerstände unter 1 Ohm ist in der Reichsanstalt von Anfang an die Thomsonsche Doppelbrücke verwandt worden. Diese Methode wurde früher schon häufig zu technischen Messungen benutzt. Indessen kommen die hierfür konstruierten fertigen Apparat-Zusammenstellungen für Präzisionsmessungen aus Gründen nicht in Betracht, die aus dem folgenden sich von selbst ergeben.

Die Widerstandsbüchsen, auf die sich die hier beschriebenen Messungen beziehen, sind fast ausschließlich diejenigen Normale von 0,1 bis 0,0001 Ohm abwärts, deren Werte bei der Prüfung eingesandter Widerstände in Abt. II seit einer Reihe von Jahren zugrunde gelegt werden. Alljährlich werden diese Normale auf die 1 Ohm-Normale der Abt. II zurückgeführt und diese letzteren werden zur selben Zeit in Abt. I mit den dortigen Normalen genau verglichen.

Es war nun erwünscht, die bisher nur in Abt. II vorgenommene Zurückführung durch eine vollständig unabhängige, zu etwa der gleichen Zeit angestellte Messungsreihe von anderen Beobachtern kontrollieren zu lassen, um dadurch ein Urteil über die bei der Messung kleiner Widerstände erreichbare Übereinstimmung zu gewinnen.

[1]) Der Reichsanstalt sind in den letzten 7 Jahren etwa 400 Widerstände zwischen 0,01 und 0,00002 Ohm zur Beglaubigung als *Präzisionswiderstände* eingesandt worden. Die größte zulässige Abweichung vom Sollwert beträgt für solche Widerstände 0,1 %. In Wirklichkeit sind aber die von den Fabrikanten eingelieferten Apparate, selbst diejenigen von 0,0001 Ohm und darunter, meist auf wenige hundertstel Prozent genau abgeglichen (vgl. die Mitteilung von St. Lindeck, *diese Zeitschr. **23.** S. 1. 1903*).

[2]) Vorläufige Angaben über die Messung und die Konstanz kleiner Widerstände finden sich in folgenden Mitteilungen der Reichsanstalt: K. Feussner und St. Lindeck, *Wissensch. Abhandl. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt **2.** S. 526. 1895* (s. auch *diese Zeitschr. **15.** S. 427. 1895*); W. Jaeger und St. Lindeck, *diese Zeitschr. **18.** S. 97. 1898*; vgl. ferner den Tätigkeitsbericht der Reichsanstalt im Jahre 1901. *Diese Zeitschr. **22.** S. 117 u. 143. 1902.*

Zu diesem Zweck fand im Dezember 1901 durch W. Jaeger und H. Diesselhorst in Abt. I und im Februar 1902 in Abt. II durch St. Lindeck eine sorgfältige Messung der genannten Widerstandsnormale statt. Bei der ersten Messungsreihe bot sich Gelegenheit, die Verwendbarkeit des Deprez-d'Arsonvalschen Drehspulengalvanometers (in der Ausführung von Siemens & Halske A.-G. in Berlin) für die hier in Betracht kommenden Zwecke zu prüfen. Die beiden Messungsreihen unterscheiden sich, wie weiter unten noch näher erörtert wird, durch die Art der Berücksichtigung des in der Formel für die Thomsonsche Doppelbrücke auftretenden Korrektionsgliedes. Die Abhandlung gliedert sich demgemäß in die folgenden Abschnitte:

I. Allgemeines über die Thomsonsche Doppelbrücke und kleine Widerstände.
II. Messungsreihe vom Dezember 1901 in Abt. I.
III. Messungsreihe vom Februar 1902 in Abt. II.
IV. Zusammenstellung beider Reihen und Vergleichung mit den in früheren Jahren für dieselben Widerstände erhaltenen Werten.
V. Anhang:
  1. Empfindlichkeit der Thomsonschen Brückenanordnung.
  2. Verwendbarkeit des Drehspulen-Galvanometers nach Deprez-d'Arsonval zur Messung kleiner Widerstände.

I. Allgemeines über die Thomsonsche Doppelbrücke und kleine Widerstände.

Fig. 1 stellt das bekannte Schema der Thomsonschen Doppelbrücke dar[1]). Hierin bedeuten A und B die zu vergleichenden *kleinen* Widerstände, a und b die Verzweigungswiderstände, d den Verbindungswiderstand zwischen A und B, α und β die Überbrückungswiderstände.

Der Strom im Galvanometer wird Null, wenn

$$\frac{A}{B}-\frac{a}{b}+\frac{d}{B}\cdot\frac{\beta}{\alpha+\beta+d}\left(\frac{\alpha}{\beta}-\frac{a}{b}\right)=0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 1)$$

ist. Wählt man die Überbrückungswiderstände α und β genau im Verhältnis $a:b$, so reduziert sich die Thomsonsche Gleichung auf die Form $A:B=a:b$, welche der einfachen Wheatstoneschen Brücke entspricht. Verhält sich α und β nicht genau wie a zu b, so tritt ein Korrektionsglied hinzu, welches um so mehr Einfluß gewinnt, je kleiner die zu messenden Widerstände im Verhältnis zum Verbindungswiderstand d sind. Man kann aber d nicht beliebig klein machen, da die kleinen Widerstände nicht widerstandslos miteinander verbunden werden können. Denn der Widerstand rechnet bei diesen Büchsen nicht von den Enden der Stromzuleitungen ab, sondern ist durch besonders angebrachte Potentialleitungen definiert.

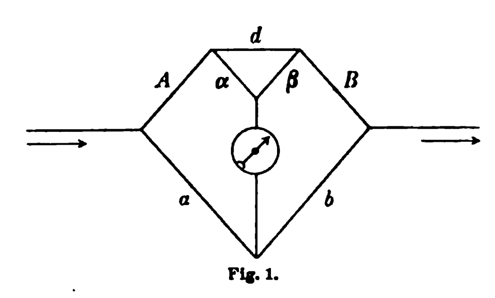


Fig. 1.

W. Thomson hat zuerst (*a. a. O.*) bei kleinen Widerständen solche Potentialleitungen angewendet. Er vergleicht diese Widerstände mit Strichmaßstäben, die man ebenfalls nicht aneinander setzen kann, im Gegensatz zu Endmaßstäben, die den größeren Widerständen ohne besondere Potentialklemmen entsprechen würden.

Es sei hier noch auf einen wenig beachteten allgemeinen Satz von Helmholtz hingewiesen, welcher bei der Messung von kleinen Widerständen unter Umständen

[1]) W. Thomson, *Phil. Mag.* **24.** *S. 149. 1862.*

zur Vereinfachung der experimentellen Anordnung benutzt werden kann[1]). Definiert man den Widerstand eines körperlichen Leiters nach Thomson durch Festlegung zweier Stromzuleitungen und zweier Potentialleitungen, so folgt aus jenem Satz, daß der Widerstand ungeändert bleibt, wenn man den Strom durch die Potentialleitungen zuführt und das Potential von den Stromleitungen abnimmt. Die Vertauschung von Strom- und Potentialleitung an nur *einer* Seite ist im allgemeinen nicht erlaubt.

Bei nicht zu kleinen Widerständen (etwa bis zu 0,01 Ohm herab) ist es nicht schwierig, das Korrektionsglied in Formel 1) zum Verschwinden zu bringen, indem man die Überbrückung $\alpha:\beta$ aus einem Rheostaten nach dem Nennwert im Verhältnis $a:b$ wählt und in der Verbindung d unnötigen Widerstand vermeidet. Bei Präzisionsmessungen an Widerständen von 0,001 Ohm und weniger ist dagegen eine sorgfältige Berücksichtigung des Korrektionsgliedes unerläßlich. Für die Art, in welcher diese geschieht, bieten sich mehrere Wege dar; im Interesse der Kontrolle war es erwünscht, in den beiden Abteilungen verschiedene Methoden zu diesem Zweck zu benutzen.

II. Messungsreihe vom Dezember 1901 in Abt. I.

Um bei der Messung in der Thomsonschen Doppelbrücke das Korrektionsglied in Gleichung 1) zu berücksichtigen, ist es zunächst erforderlich, das Verhältnis $\alpha:\beta$ zu kennen. In Abt. I wurde die Bestimmung dieses Verhältnisses durch eine Hülfsmessung direkt an die Hauptmessung angeschlossen. Wenn man die Verbindung d unterbricht, erhält man, wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, in der einfachen Wheatstoneschen Brücke das Verhältnis $(A+\alpha):(B+\beta)$ ausgedrückt durch das gegebene Verhältnis $a:b$.

Dementsprechend wurde die Thomsonsche Gleichung durch eine einfache Umformung in der folgenden Weise dargestellt:

$$\frac{A}{B}-\frac{a}{b}+\frac{d}{B}\frac{B+\beta}{\alpha+\beta}\left(\frac{A+\alpha}{B+\beta}-\frac{a}{b}\right)=0.$$

Da man in dem Faktor $(B+\beta)$ des Korrektionsgliedes B gegen β vernachlässigen kann, und da angenähert $A:B=\alpha:\beta$ sein soll, kann man dafür auch schreiben

$$\frac{A}{B}=\frac{a}{b}\left(1-\frac{d}{A+B}\,\omega\right) \qquad 2)$$

wo

$$\omega=\frac{(A+\alpha)/(B+\beta)}{a/b}-1 \qquad 3)$$

durch die oben erwähnte Hülfsmessung gefunden wird. Außerdem müssen noch der Verbindungswiderstand d und die in Betracht kommenden Zuleitungen gemessen werden, wozu eine einfache Ausschlagsmethode genügt.

Die Meßanordnung ist aus Fig. 2 und 3 ersichtlich. Fig. 2 gilt für die Vergleichung gleich großer Widerstände. Es wurde in diesem Fall ein Verzweigungswiderstand V (100 : 100 Ohm) angewandt, dessen Zweige durch die in Quecksilbernäpfen endigenden beweglichen Schnüre l und m ohne Umlegung des Nebenschlusses N_a (bezw. N_b) vertauscht werden konnten. Beim Mittelwert fallen die Ungleichheiten der Verzweigungswiderstände einschließlich der beweglichen Schnüre heraus. Fig. 3 gilt für die Vergleichung ungleicher Widerstände; hier fällt das Vertauschen fort und damit werden

[1]) H. Helmholtz, Wiss. Abhandl. Bd. I. *S. 496*; *Pogg. Ann.* **89.** *S. 353. 1853.* Theorem von der gleichen gegenseitigen Wirkung zweier elektromotorischen Flächenelemente.

die beweglichen Schnüre unnötig; man muß das Verhältnis der Widerstände a und b aus anderweitigen Messungen genau kennen. Bei den zu messenden kleinen Widerständen A und B sind die besonderen Klemmen für die Potentialabnahme angedeutet.

Die Widerstandsbüchsen, die sämtlich aus Manganin bestehen, befinden sich in Petroleumbädern, deren Temperatur gemessen wird. Bei der Anordnung der Widerstände in den Bädern kann man, sofern dies bequemer ist und dadurch die Zuleitungswiderstände verringert werden, nach dem Helmholtzschen Satz (*S. 35*) die Strom- und Potentialzuleitungen vertauschen; bei Widerständen von 0,01 Ohm und mehr kann man erfahrungsgemäß die Vertauschung unbedenklich auch an *einer* Seite allein vornehmen, wodurch die Anordnung beträchtlich einfacher wird.

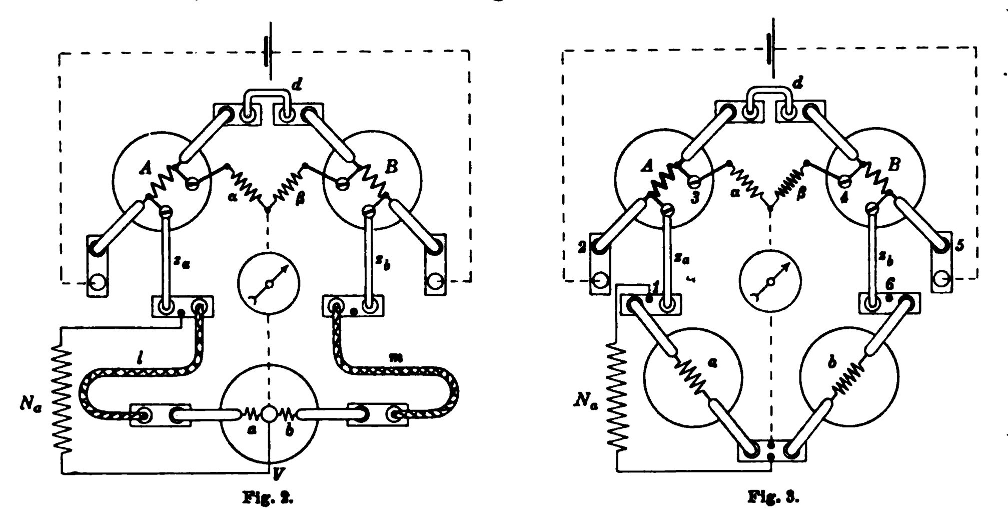


Fig. 2. Fig. 3.

Die Messung erstreckt sich nach dem obigen auf drei gesonderte Stücke, die der Reihe nach besprochen werden sollen, nämlich 1. Zuleitungen und Verbindungswiderstand, 2. das Widerstandsverhältnis $a:b$ (Hauptmessung) und 3. die Korrektionsgröße ω (Hülfsmessung).

1. Zuleitungen und Verbindungswiderstand.

Was diesen Punkt betrifft, so muß vor allem darauf geachtet werden, daß bei der Änderung der Brückenanordnung, welche zwischen den einzelnen Stücken der Messung erforderlich ist, die Größe der Verbindungswiderstände ungeändert bleibt. Insbesondere ist auf die Stellen zu achten, wo die Verbindung durch Klemmen hergestellt wird, wie z. B. an den Potentialklemmen der kleinen Widerstände. Erstrebt man eine Meßgenauigkeit von 1 Milliontel, so ist schon Sorgfalt anzuwenden, wenn die Zuleitungswiderstände sich zu 10 Ohm addieren, große Vorsicht aber, wenn sie zu 1 Ohm hinzukommen. Aus diesem Grunde wurde die Verbindung der Widerstände A und B durch einen in Quecksilbernäpfe tauchenden dicken Kupferbügel hergestellt (Fig. 2 u. 3), der den Widerstand nicht erheblich vermehrt und beim Übergang von der Haupt- zur Hülfsmessung ohne Berühren der übrigen Anordnung herausgenommen werden kann.

Da bei unserer Anordnung die überbrückenden Widerstände α und β nur in den Summen $A+\alpha$ und $B+\beta$ auftreten, die Zuleitungswiderstände von α nach A und von β nach B also von selbst inbegriffen sind, kommen nur die Zuleitungswiderstände z_a von a nach A und z_b von b nach B sowie der Verbindungswiderstand d in Betracht. Diese drei Größen lassen sich z. B. in folgender Weise messen.

Die Überbrückung durch α und β sei noch nicht hergestellt bezw. wieder geöffnet, im übrigen die Anordnung der Fig. 3 vorhanden. Dann unterbricht man die Verbindung zwischen a und b durch Herausheben einer dieser Büchsen aus dem gemeinsamen Quecksilbernapf und leitet einen Strom durch $a\ z_a\ A\ d\ B\ z_b\ b$. Die Widerstände a und b waren bei ihrer Auswertung bis zur Mitte der zweinäpfigen Kupferstücke, welche zur Verbindung dienen, definiert. Darnach verhalten sich jetzt die Widerstände $z_a : A : d : B : z_b$, wie die Potentialdifferenzen an den Stellen 1—2, 2—3, 3—4, 4—5, 5—6, welche durch Galvanometerausschlag oder Kompensation zu messen sind. A und B können für diesen Zweck als bekannt angenommen werden. Wenn sie nicht die Größenordnung der Zuleitungswiderstände haben, schaltet man noch einen passenden Meßwiderstand in den Stromkreis.

2. Hauptmessung.

Zur Abgleichung der Widerstandsverhältnisse in der Brückenanordnung wurden an einen oder auch an mehrere der Widerstände A, B, a, b Nebenschlüsse N gelegt. Durch Interpolation wurden die Werte N_A, N_B, N_a, N_b gefunden, welche dem Galvanometerausschlag Null entsprechen. Versteht man unter $[a]$ und $[b]$ die Werte der betreffenden Widerstände ohne Nebenschluß und Zuleitung und berücksichtigt, daß die Zuleitungswiderstände z_a und z_b stets sehr klein sind gegen a und b, so geht die Formel 2) über in

$$\frac{A}{B} = \frac{[a]}{[b]}\left(1 + \frac{z_a}{[a]} - \frac{z_b}{[b]}\right)\frac{(1 + A/N_A)\,(1 + [b]/N_b)}{(1 + B/N_B)\,(1 + [a]/N_a)}\left(1 - \frac{d}{A + B}\,\omega\right).$$

Will man also nach Formel 2) rechnen, so hat man darin zu setzen

$$\frac{a}{b} = \frac{[a]}{[b]}\left(1 + \frac{z_a}{[a]} - \frac{z_b}{[b]}\right)\frac{(1 + A/N_A)\,(1 + [b]/N_b)}{(1 + B/N_B)\,(1 + [a]/N_a)} \quad \ldots\ldots \quad 4)$$

Von den Nebenschlüssen N_A u. s. w. sind gewöhnlich drei unendlich groß, sodaß nur einer derselben in der Formel auftritt.

Interpolation. Über die Interpolation bei Benutzung von Nebenschlüssen ist noch folgendes zu bemerken. Anstatt die Interpolation zwischen den wirklichen, durch die Parallelschaltung der Nebenschlüsse entstehenden Widerständen der Brückenzweige auszuführen, ist es stets erlaubt, zwischen den reziproken Werten der Nebenschlüsse, dagegen im allgemeinen nicht, zwischen den Nebenschlüssen selbst zu interpolieren[1]).

Denn das Verhältnis der Widerstandsdifferenzen

$$\left(\frac{a\,N_0}{a + N_0} - \frac{a\,N_1}{a + N_1}\right) : \left(\frac{a\,N_2}{a + N_2} - \frac{a\,N_1}{a + N_1}\right),$$

welches durch das Verhältnis der zu N_1 und N_2 gehörigen Ausschläge bekannt ist und den zum Ausschlag Null gehörigen Nebenschluß N_0 liefert, unterscheidet sich von dem Verhältnis

$$\left(\frac{1}{N_0} - \frac{1}{N_1}\right) : \left(\frac{1}{N_2} - \frac{1}{N_1}\right)$$

durch den Faktor

$$\left(1 + \frac{a/N_2 - a/N_0}{1 + a/N_0}\right),$$

dessen Abweichung von 1 stets kleiner ist als das Interpolationsintervall

$$\frac{a/N_2 - a/N_1}{1 + a/N_0}.$$

[1]) Vgl. W. Jaeger, *Wiss. Abh. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt* **2**. *S. 425. 1895.*

Der Unterschied im Resultat ist also kleiner als das Quadrat des Interpolationsintervalles, welches 1 ‰ bei unseren Messungen niemals erreichte. Ob die einzelnen Nebenschlüsse groß oder klein gegen a sind, ist dabei gleichgültig.

3. Hülfsmessung.

Die Anordnung für die Hülfsmessung, durch welche die Größe ω ermittelt werden soll, wird unmittelbar durch Herausnahme des Verbindungsbügels d erhalten. Die Messung ist der Hauptmessung ganz analog. Sie liefert zunächst das Verhältnis

$$\frac{A+\alpha}{B+\beta} : \frac{[a]}{[b]}$$

und dann durch Verbindung mit dem aus der Hauptmessung gefundenen Verhältnis

$$\frac{a}{b} : \frac{[a]}{[b]}$$

den Wert

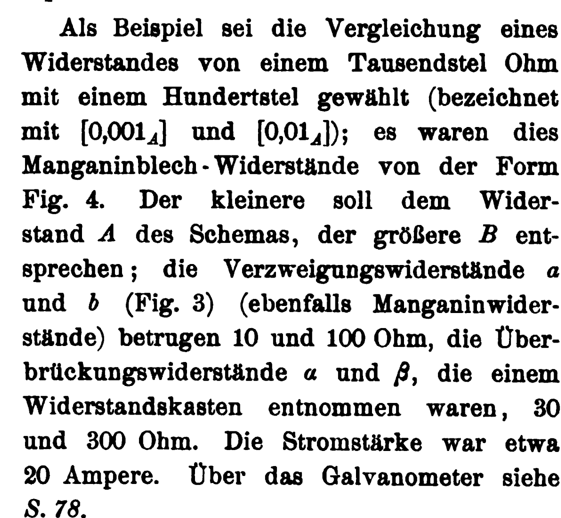
$$\frac{A+\alpha}{B+\beta} : \frac{a}{b},$$

von welchem 1 subtrahiert werden muß, um die Größe ω zu erhalten.

Beispiel.



Fig. 4.



Als Beispiel sei die Vergleichung eines Widerstandes von einem Tausendstel Ohm mit einem Hundertstel gewählt (bezeichnet mit $[0{,}001_A]$ und $[0{,}01_A]$); es waren dies Manganinblech-Widerstände von der Form Fig. 4. Der kleinere soll dem Widerstand A des Schemas, der größere B entsprechen; die Verzweigungswiderstände a und b (Fig. 3) (ebenfalls Manganinwiderstände) betrugen 10 und 100 Ohm, die Überbrückungswiderstände α und β, die einem Widerstandskasten entnommen waren, 30 und 300 Ohm. Die Stromstärke war etwa 20 Ampere. Über das Galvanometer siehe *S. 78.*

1. *Zuleitungen.* Man fand nach der Ausschlagsmethode

$$z_a = 49 \cdot 10^{-6} \text{ Ohm}$$
$$z_b = 45 \cdot \text{ „ \quad „}$$
$$d = 112 \cdot \text{ „ \quad „ ;}$$

es ist also

$$\frac{z_a}{a} - \frac{z_b}{b} = 4{,}4 \cdot 10^{-6}$$

und

$$\frac{d}{A+B} = 0{,}0102.$$

2. *Hauptmessung.* Es lag ein Nebenschluß nur an $[a]$, sodaß in Gl. 4)

$$N_A = N_B = N_b = \infty$$

zu setzen ist. Der Wert N_a, welcher den Galvanometerausschlag zu Null macht, ergibt sich aus den folgenden Beobachtungen:

N	$\frac{1}{N}$	Galvanometerausschlag		
		Hingang	Rückgang	Differenz
40 000 Ohm	$25 \cdot 10^{-6}$	+ 5,2	— 5,1	+ 10,3
20 000 „	$50 \cdot 10^{-6}$	— 2,8	+ 3,0	— 5,8
Differenz	$25 \cdot 10^{-6}$			16,1

Der Rückgang ist mit kommutiertem Hauptstrom ausgeführt. Einer Widerstandsänderung von a (10 Ohm) um den Bruchteil $a\,(1/N_2 - 1/N_1) = 250 \cdot 10^{-6}$ entsprechen also 16,1 Skalenteile Doppelausschlag, oder 1 Skt. entspricht einer Änderung von $15{,}5 \cdot 10^{-6}$.

Nach obigem erhält man

$$\frac{[a]}{N_a} = 10\left(25 + \frac{10{,}3}{16{,}1} \cdot 25\right) \cdot 10^{-6} = 410 \cdot 10^{-6},$$

also nach Gl. 4)

$$\frac{a}{b} = \frac{[a]}{[b]} \frac{1 + 4{,}4 \cdot 10^{-6}}{1 + 410 \cdot 10^{-6}} = \frac{[a]}{[b]}(1 - 405{,}4 \cdot 10^{-6}).$$

3. *Bestimmung von* ω. Nach Herausnehmen des Bügels zwischen A und B war der Nebenschluß an b (100 Ohm) zu legen; der Strom wurde entsprechend abgeschwächt. Die mit der obigen analoge Messung lieferte

N	$\frac{1}{N}$	Galvanometerausschlag		
		Hingang	Rückgang	Differenz
∞	0	— 5,8	+ 5,9	— 11,7
200 000	$5 \cdot 10^{-6}$	+ 6,8	— 6,7	+ 13,5
Differenz	$5 \cdot 10^{-6}$			25,2

Es ist dann

$$\frac{[b]}{N_b} = 100\left(0 + \frac{11{,}7}{25{,}2} \cdot 5 \cdot 10^{-6}\right) = 232 \cdot 10^{-6},$$

d. h.

$$\frac{A + \alpha}{B + \beta} = \frac{[a]}{[b]}(1 + 4{,}4 \cdot 10^{-6})(1 + 232 \cdot 10^{-6}) = \frac{[a]}{[b]}(1 + 236 \cdot 10^{-6}).$$

Nach der Hauptmessung hat man nun

$$\frac{a}{b} = \frac{[a]}{[b]}(1 - 405 \cdot 10^{-6});$$

hieraus folgt

$$\frac{A + \alpha}{B + \beta} : \frac{a}{b} = 1 + 641 \cdot 10^{-6},$$

somit

$$\omega = 641 \cdot 10^{-6}$$

und

$$\frac{d}{A + B} \cdot \omega = 0{,}0102 \cdot 641 \cdot 10^{-6} = 6{,}5 \cdot 10^{-6}.$$

Die Temperatur der Büchsen A und B im Petroleumbad war 18,49°, diejenige von a und b, die in einem andern Bad standen, 18,19°; für die letzteren ist bei dieser Temperatur zu setzen (vgl. *S. 40*)

$$\frac{[a]}{[b]} = 0{,}1 \cdot (1 - 151{,}3 \cdot 10^{-6}).$$

Hieraus ergibt sich

$$\frac{A}{B} = 0{,}1 \cdot (1 - 151{,}3 \cdot 10^{-6})(1 - 405{,}4 \cdot 10^{-6})(1 - 6{,}5 \cdot 10^{-6})$$

oder

$$\frac{A}{B} = 0{,}1 \cdot (1 - 563{,}1 \cdot 10^{-6}) \text{ bei } 18{,}49^{\circ}.$$

Bei der Vergleichung eines Zehntausendstels mit einem Tausendstel war der Verbindungswiderstand von derselben Größenordnung wie der kleinere der zu messenden Widerstände selbst. Das Korrektionsglied war etwa zehnmal so groß wie im obigen Beispiel. Bei Vergleichung größerer Widerstände als 0,001 Ohm konnte dagegen die Korrektion vernachlässigt werden.

Bestimmung der Verzweigungswiderstände.

Die Bestimmung der Verzweigungswiderstände a und b, mit deren Hülfe man von 1 Ohm in Stufen zu kleineren Dekaden abwärts geht, muß mit möglichster Sorgfalt ausgeführt werden, da ein etwaiger Fehler bei jeder Stufe vergrößert wird.

Zur Herstellung des Verhältnisses 1 : 10 dienten je 2 Büchsen von 10 und 20 Ohm und je 1 von 50 und 100 Ohm.

Mittels eines Verzweigungswiderstandes von 100 : 100 Ohm wurde dieser Satz kalibriert, d. h. es wurden zunächst die zwei Büchsen von 10 Ohm miteinander verglichen, dann die Summe beider mit der Büche von 20 Ohm u. s. f. bis 100 Ohm. Die Zusammensetzung der Widerstände geschah durch dicke Kupferklötze mit je 2 Quecksilbernäpfen. Der Widerstand rechnet dann von einer in der Mitte des Kupferklotzes angebrachten Klemme aus. Die Kalibrierung wurde sowohl vor als nach den Messungen ausgeführt. Hierbei wurden für das Verhältnis [10] : [100] die Werte gefunden:

Datum	[10] : [100] bei 18°
13. XII. 01	$0{,}1 \cdot (1 - 150{,}5 \cdot 10^{-6})$
23. „ 01	$0{,}1 \cdot (1 - 152{,}7 \cdot 10^{-6})$
Mittel	$0{,}1 \cdot (1 - 151{,}6 \cdot 10^{-6})$

mit dem Temperatur-Koeffizienten $+ 1{,}6 \cdot 10^{-6}$ pro Grad.

In Abteilung II dienten zwei andere Widerstandsbüchsen (von 1 und 10 Ohm) als Vergleichswiderstände. Zur gegenseitigen Kontrolle wurden die beiden unabhängig bestimmten Verhältnisse miteinander verglichen (s. *S. 73, Anmerk.*).

Messungsresultate.

Die auf dieser Grundlage gemessenen, Abt. II gehörigen, von O. Wolff in Berlin gefertigten Widerstände sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tab. 1. Widerstandsbüchsen.

Bezeichnung	Sollwert	Temp.-Koeff. bei 18° in 10^{-6}
$[0{,}1_A]$	0,1 Ohm	+ 11
$[0{,}1_B]$	0,1 „	+ 12
$[0{,}01_A]$	0,01 „	+ 7
$[0{,}01_B]$	0,01 „	+ 8
$[0{,}001_A]$	0,001 „	+ 4
$[0{,}001_B]$	0,001 „	+ 6
[Nr. 1026]	0,0001 „	— 1
[Nr. 700]	0,0001 „	— 24

Sämtliche Büchsen sind Manganinwiderstände, diejenigen von 0,01 Ohm und weniger mit besonderen Zuleitungen zur Potentialabnahme, diejenigen von 0,1 Ohm mit besonderen Klemmen auf den Bügeln zu demselben Zweck. Die beiden Büchsen

von 0,1 Ohm sind durch eine besondere Messungsreihe auf den durch die jährliche Vergleichung der 1 Ohm-Normale festgelegten Wert zurückgeführt. Hierbei wurden zur Erhöhung der Genauigkeit noch Büchsen von 0,5 sowie 5 und 10 Ohm hinzugenommen und die Messung auch in den Verhältnissen 1 : 2 und 1 : 5 ausgeführt. Um das Zahlenmaterial nicht unnötig zu vermehren, soll von dieser, größere Widerstände betreffenden Messungsreihe nur das Resultat gegeben werden. Man erhielt bei 18°

$$[0{,}1_A] = 0{,}1\,(1 - 390{,}3 \cdot 10^{-6})\ \text{Ohm}$$
$$[0{,}1_B] = 0{,}1\,(1 + 4{,}4 \cdot 10^{-6})\ \text{„} .$$

Die hier interessierenden Messungen, welche sich auf die kleineren Widerstände beziehen, sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Tab. 2. Messungen in Abt. I.

Nr.	Datum	Meßwiderstände		Temperatur	Stromstärke	Überbrückung $a:\beta$	Verbindungswiderstand d	Korrektionsglied $\frac{d}{A+B}\omega$	Ballast im Galv.	Empfindlichkeit	Resultat $\frac{A}{B}$
		Bezeichnung	Sollwert								
	1901		Ohm	H-Skale	Amp.	Ohm	10^{-6} Ohm	10^{-6}	Ohm	10^{-6}/Skt.	
1	17. XII.	$\frac{[0{,}01_A]}{[0{,}1_A]}$	$\frac{0{,}01}{0{,}1}$	17,92°	2,0	30 : 300	70	—	10	18,5	$0{,}1\,(1+607{,}9 \cdot 10^{-6})$
2	18. „	$\frac{[0{,}01_B]}{[0{,}1_A]}$	„	17,83	„	„	„	—	„	18,0	$0{,}1\,(1+388{,}1 \cdot 10^{-6})$
3	„ „	$\frac{[0{,}01_A]}{[0{,}01_B]}$	$\frac{0{,}01}{0{,}01}$	18,00	5,1	50 : 50	„	—	0	18,5	$1+212{,}6 \cdot 10^{-6}$
3a	„ „	„	„	„	„	„	„	—	„	18,8	$1+212{,}7 \cdot 10^{-6}$
4	20. „	$\frac{[0{,}001_A]}{[0{,}01_A]}$	$\frac{0{,}001}{0{,}01}$	18,46	20	30 : 300	112	+ 6,5	„	15,5	$0{,}1\,(1-563{,}1 \cdot 10^{-6})$
5	„ „	$\frac{[0{,}001_B]}{[0{,}01_A]}$	„	18,25	„	„	120	+ 7,2	„	15,1	$0{,}1\,(1-496{,}2 \cdot 10^{-6})$
6	„ „	$\frac{[0{,}001_A]}{[0{,}001_B]}$	$\frac{0{,}001}{0{,}001}$	17,95	30	50 : 50	120	+ 8,0	„	29,1	$1-64{,}7 \cdot 10^{-6}$
7	23. „	$\frac{[\text{Nr.}1026]}{[0{,}001_A]}$	$\frac{0{,}0001}{0{,}001}$	18,17	45	50 : 500	107	— 43	„	81,0	$0{,}1\,(1+581{,}3 \cdot 10^{-6})$
8	„ „	$\frac{[\text{Nr. }700]}{[0{,}001_A]}$	„	18,16	„	„	94	— 27	„	82,6	$0{,}1\,(1+440{,}7 \cdot 10^{-6})$
8a	„ „	„	„	18,12	„	„	„	„	„	81,0	$0{,}1\,(1+445{,}2 \cdot 10^{-6})$
8b	„ „	„	„	„	„	„	„	„	„	80,0	$0{,}1\,(1+460{,}7 \cdot 10^{-6})$
9	„ „	$\frac{[\text{Nr.}1026]}{[\text{Nr. }700]}$	$\frac{0{,}0001}{0{,}0001}$	17,50	60	50 : 50	83	+ 66	„	105	$1+124{,}7 \cdot 10^{-6}$
9a	„ „	„	„	17,58	„	„	„	„	„	105	$1+101{,}3 \cdot 10^{-6}$

Außer dem Messungsresultat und der zugehörigen Temperatur sind zur Orientierung noch die angewandte Stromstärke, die Überbrückungswiderstände, der Verbindungswiderstand d und die Größe des Korrektionsgliedes aus Formel 2) angegeben, sowie endlich der Ballastwiderstand im Galvanometerkreis und die Empfindlichkeit der Messung. Unter der letzteren Größe ist die Änderung des Widerstandsverhältnisses $a:b$ zu verstehen, welcher 1 Skalenteil Doppelausschlag am Galvanometer entspricht.

Von den Messungen ist Nr. 3a eine Wiederholung von 3, ebenso 8a und 8b solche von Nr. 8, jedoch mit andern Nebenschlüssen zur Interpolation. Bei Nr. 9a, welche sich auf die Vergleichung der beiden Büchsen von 0,0001 Ohm bezieht, ist

das Verhältnis der Überbrückungswiderstände α und β nicht wie sonst gemessen, sondern ebenso wie das von a und b durch Vertauschen eliminiert. Die Unterschiede, welche bei diesen Wiederholungen auftreten, erreichen bei den kleinsten Widerständen etwas mehr als 2 Hunderttausendstel, was wegen der hier benutzten relativ geringen Stromstärke nur etwa 0,2 Skalenteile Doppelausschlag entspricht.

Tab. 3. Mittelwerte der Abweichungen vom ganzzahligen Verhältnis in Milliontel bei 18°.

Nr.	Bezeichnung	Sollwert	Beobachtung	Ausgleichung
1	$\frac{[0,01_A]}{[0,1_A]}$	$\frac{0,01}{0,1}$	+ 607,6	+ 605,2
2	$\frac{[0,01_B]}{[0,1_A]}$	"	+ 387,6	+ 390,0
3	$\frac{[0,01_A]}{[0,01_B]}$	$\frac{0,01}{0,01}$	+ 212,6	+ 215,1
4	$\frac{[0,001_A]}{[0,01_A]}$	$\frac{0,001}{0,01}$	— 561,7	— 561,4
5	$\frac{[0,001_B]}{[0,01_A]}$	"	— 496,0	— 496,3
6	$\frac{[0,001_A]}{[0,001_B]}$	$\frac{0,001}{0,001}$	— 64,8	— 65,1
7	$\frac{[Nr. 1026]}{[0,001_A]}$	$\frac{0,0001}{0,001}$	+ 582,2	+ 580,2
8	$\frac{[Nr. 700]}{[0,001_A]}$	"	+ 452,5	+ 454,5
9	$\frac{[Nr. 1026]}{[Nr. 700]}$	$\frac{0,0001}{0,0001}$	+ 123,6	+ 125,6

In Tabelle 3 sind von den mehrfach angestellten Beobachtungen die Mittelwerte gegeben und zugleich alle Resultate mittels der in Tab. 1 mitgeteilten Temperaturkoeffizienten auf 18° umgerechnet. Die Beobachtungen zerfallen in drei Gruppen, von denen jede eine überschüssige Messung enthält und in sich ausgeglichen ist. In jeder Gruppe sind zwei Widerstände von gleichem Nennwert einzeln mit einem Widerstand von zehnmal höherem Betrage und unter einander verglichen. Die letzte Spalte der Tabelle 3 enthält die ausgeglichenen Resultate. Aus dieser sind mittels des oben angegebenen Wertes der Büchse $[0,1_A]$ die absoluten Werte aller übrigen Widerstände berechnet und in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tab. 4. Absolute Werte der Widerstandsbüchsen nach den Messungen in Abt. I.

Bezeichnung	Wert bei 18°; Dez. 1901
$[0,1_A]$	$0,1\,(1 - 390,3 \cdot 10^{-6})$
$[0,1_B]$	$0,1\,(1 + 4,4 \cdot 10^{-6})$
$[0,01_A]$	$0,01\,(1 + 214,7 \cdot 10^{-6})$
$[0,01_B]$	$0,01\,(1 - 0,5 \cdot 10^{-6})$
$[0,001_A]$	$0,001\,(1 - 346,8 \cdot 10^{-6})$
$[0,001_B]$	$0,001\,(1 - 281,7 \cdot 10^{-6})$
[Nr. 1026]	$0,0001\,(1 + 233,2 \cdot 10^{-6})$
[Nr. 700]	$0,0001\,(1 + 107,5 \cdot 10^{-6})$

(Fortsetzung folgt.)

Über die Konstruktion von Höhenkurven und Plänen auf Grund stereo-photogrammetrischer Messungen mit Hülfe des Stereo-Komparators.

Von

Dr. C. Pulfrich in Jena.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss.)

In dem im vorigen Jahrgang veröffentlichten Aufsatz „Über neuere Anwendungen der Stereoskopie und über einen hierfür bestimmten Stereo-Komparator" habe ich im Abschnitt IV „Grundzüge der Stereo-Photogrammetrie" (*S. 178*) für die beiden stereoskopisch miteinander zu vergleichenden photographischen Bilder die Forderung aufgestellt, daß die *Platten bei der Aufnahme in einer Ebene* liegen müssen. Denn in diesem Falle, aber auch nur in diesem Falle, bietet sich die Fläche gleicher Parallaxe (oder gleicher scheinbarer Entfernung) dar als eine senkrecht zur Blickrichtung parallel zur Plattenebene gelegene Ebene, und wir können uns beim Verschieben des Plattenpaares auf dem Stereo-Komparator vorstellen, als verschöben wir mit dem Plattenpaar die vorgenannte Ebene oder als bewegten wir uns vor einer solchen Ebene, immer senkrecht auf sie blickend und in konstant bleibendem Abstand von ihr, mit dem Augenpaar hin und her.

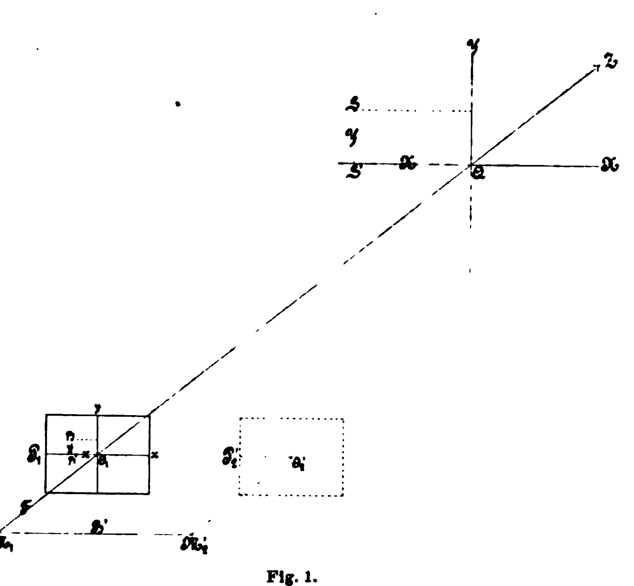


Fig. 1.

Die Einteilung des Objektraumes durch mehrere hinter einander liegende Ebenen dieser Art ermöglicht die denkbar *einfachste Ortsbestimmung eines Landschaftspunktes*; denn wir haben nur zu bestimmen: *erstens* die Entfernung Z (siehe Fig. 1) der durch den Punkt S im Objektraum senkrecht zur optischen Achse gelegten Ebene, wofür die stereoskopische Betrachtung der beiden Platten P_1 und P_2 notwendig und ausreichend ist, und *zweitens* die beiden Koordinaten X und Y des Objektpunktes S, wofür die Kenntnis von Z und die Bestimmung der beiden Koordinaten x und y des Bildpunktes p_1 auf der Platte P_1 erforderlich ist.

Wir hatten ferner gesehen, daß, wenn man die wandernde Marke durch entsprechende Verrückung der Platte P_2 auf eine bestimmte Entfernung Z einstellt, dann durch Verschiebung des Plattenpaares unter dem Stereo-Komparator alle diejenigen Punkte des Landschaftsbildes aufsucht, welche mit der Marke auf der gleichen scheinbaren Entfernung gesehen werden, ferner diese Punkte auf dem Zeichenbrett des Stereo-Komparators oder auf einem besonderen Blatt vormerkt und miteinander verbindet, daß man dann das Abbild einer Kurve bezw. einer Reihe von Kurven erhält, welche sich darstellen als *Durchdringungskurven der Ebenen gleicher Parallaxe mit der Erdoberfläche.*

Für den Fall, daß die Stereo-Aufnahmen vom Luftballon aus erfolgen — Platten *horizontal*, die optischen Achsen vertikal nach unten gerichtet — sind diese Durchdringungskurven dann ohne weiteres die gesuchten *Kurven gleicher Höhe.*

Für den anderen Spezialfall, daß die optischen Achsen horizontal, die in gleicher oder in verschiedener Höhe gelegenen Platten vertikal gestellt sind, sind die nach demselben Verfahren hergestellten Kurven dagegen *Profile.*

Da im allgemeinen stereo-photogrammetrische Aufnahmen mit vertikal gestellten Platten viel leichter bewerkstelligt werden können, als solche mit horizontal gestellten Platten vom Luftballon aus, so ist es für den Zweck der Konstruktion eines Planes mit Höhenkurven wichtig, zu wissen, wie sich unter den angegebenen Versuchsbedingungen des zweiten Spezialfalles diese Höhenkurven konstruieren lassen.

Ich hatte schon in meiner früheren Veröffentlichung angegeben, daß man den auf jeder Platte befindlichen Horizont als Indikator für die in der Landschaft gelegenen, mit der einen bezw. der anderen Aufnahmestation in gleicher Höhe (H_1 bezw. H_2) befindlichen Punkte benutzen kann, sodaß man, wenn man für eine Reihe von Punkten eines jeden der beiden Horizonte die zugehörigen Koordinaten X und Y ermittelt, in dem Plan die Höhenkurven für H_1 und H_2 erhält.

Ich werde jetzt zeigen, wie sich mit Hülfe der beiden Platten P_1 und P_2 ein vollständiger *Plan mit Höhenkurven in beliebiger Anzahl, mit beliebig gewähltem Höhenunterschied und mit beliebig gewähltem Anfangspunkt* konstruieren läßt.

Das Verfahren ist im wesentlichen das gleiche wie oben angegeben. Wir legen uns nur hinsichtlich der Auswahl der in der Ebene gleicher scheinbarer Entfernung Z gelegenen Landschaftspunkte die Beschränkung auf, daß wir immer nur solche Landschaftspunkte für unsere Zwecke aussuchen, welche in der Entfernung Z gelegen sind und diejenige Höhe H besitzen, für welche die Höhenkurve konstruiert werden soll.

Bezeichnen wir wie bisher mit H_1 die dem Horizont der Platte P_1 zugehörige Höhe, mit ΔH den Höhenunterschied (25 *m* bezw. 50 *m*) der zu ermittelnden Höhenkurven und mit $m \cdot \Delta H$ dasjenige ganze Vielfache des Höhenunterschiedes, welches der Höhe H_1 am nächsten kommt, so erhalten wir für den Abstand y des zugehörigen Bildpunktes p_1 auf der Platte P_1 von dem Horizontalfaden den Wert

$$y_n = \frac{m \cdot \Delta H - H_1 + n \cdot \Delta H}{Z} F,$$

in welcher Formel wir unter n die Zahlen 0, ± 1, ± 2 ..... und unter F die Brennweite des Aufnahmeobjektivs in Millimeter verstehen.

Wir haben also nichts weiter zu tun, als *erstens* die Marke auf eine bestimmte Entfernung Z einzustellen, was durch horizontale Verschiebung der Platte P_2 geschieht und wobei der Vertikalfaden des Strichkreuzes den Nullpunkt für die parallaktische Verschiebung $a = (B/Z \cdot F)$ abgibt, *zweitens* das Plattenpaar durch Vertikalverschiebung desselben jedesmal auf die vorher berechneten Werte y_0, y_1, y_2 ..... einzustellen, wobei immer der Horizontalfaden der Platte P_1 den Nullpunkt für die Koordinate y abgibt, und endlich *drittens* für jede dieser Einstellungen des Plattenpaares durch Horizontalverschiebung desselben den bezw. die Punkte der Landschaft aufzusuchen, welche mit der Marke in der gleichen scheinbaren Entfernung gesehen werden. Die dieser Einstellung des Plattenpaares entsprechende Koordinate x wird dann am Horizontalmaßstab A des Komparators abgelesen und in den Plan übertragen. Die Ausmessung der Strecke y geschieht mit Hülfe des Komparatormaßstabes B oder mit Hülfe eines der Platte P_1 untergelegten Glasmaßstabes.

In dem Plane (Fig. 2) erhalten wir somit zunächst eine in der Entfernung Z senkrecht zu $M_1 Z$ gezogene Gerade und auf dieser eine Reihe von Punkten, die sich hinsichtlich ihres Höhenunterschiedes um den konstanten Betrag ΔH unterscheiden und deren Höhen gegeben sind durch $m \cdot \Delta H + n \cdot \Delta H$. Die einzelnen Punkte werden in der angegebenen Weise vor Verwechslungen geschützt.

Genau das Gleiche machen wir nun mit einer zweiten Entfernung $Z \pm e$, mit einer dritten $Z \pm 2e$ u. s. w., wobei zu beachten ist, daß die Größe y, um die das Plattenpaar jedesmal von der Horizontalen aus gehoben oder gesenkt werden muß, einen anderen, mit der Entfernung immer kleiner werdenden Wert erhält, der jedesmal neu ausgerechnet werden muß.

Verbinden wir endlich, wie in Fig. 2 geschehen ist, die Punkte gleicher Höhe miteinander, so sind damit die gesuchten Höhenkurven gegeben[1]). Wie man sieht, kommen in diesem Plan die Höhen H_1 und H_2, wenn nicht gerade die eine oder die andere derselben mit einem ganzen Vielfachen des Höhenunterschiedes ΔH übereinstimmt, nicht mehr vor.

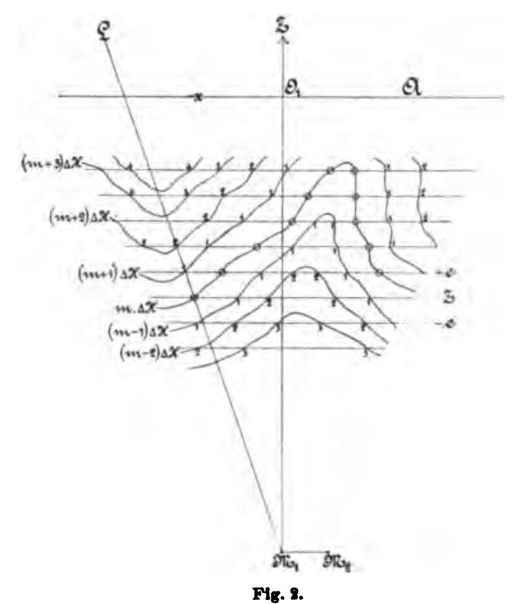


Fig. 2.

In der Praxis macht sich das vorbeschriebene Verfahren außerordentlich einfach; denn da die Platte P_1 auf dem Komparator nach erfolgter Justierung des Plattenpaares ihre Stellung zu den beiden Maßstäben A und B während der ganzen Messungsreihe unverändert beibehält (vgl. meine früheren Angaben in *dieser Zeitschr.* ***22.*** *S. 76. 1902* über die Einrichtung der neuen Instrumente), so bleibt auch die an den Maßstäben A und B bewirkte Ablesung des Durchschnittspunktes des Strichkreuzes auf P_1, von wo aus die beiden Koordinaten x und y gerechnet werden, unverändert. Für die Einstellung des Plattenpaares auf einen bestimmten Wert y und für die Ermittelung der Koordinate x ist daher immer nur je eine einzige Ablesung an den beiden Maßstäben A und B erforderlich.

Für die zeichnerische Übertragung des Wertes $X = (x/F)\, Z$ in den Plan kann endlich eine Vorkehrung getroffen werden (siehe Fig. 2), welche gestattet, den am Horizontalmaßstab A des Komparators abgelesenen Wert x bezw. die Ablesung selbst direkt auf den gleichen Maßstab A des Zeichenapparates zu übertragen und den betreffenden Landschaftspunkt, wie leicht ersichtlich, mit Hülfe des um M_1 drehbaren Lineals L zeichnerisch in dem Plane festzulegen.

Selbstverständlich erhält man mit Hülfe der beiden Platten P_1 und P_2 immer nur einen Plan von der Größe eines Kreisausschnittes, dessen Winkelwert (etwa 55°)

---

[1]) Zur Vervollständigung unserer Aufgabe kann übrigens auch das mit dem Hauptschlitten des Stereo-Komparators verbundene *Zeichenbrett* (vgl. *a. a. O. S. 188, Anm. 1*) dazu benutzt werden, auf ihm die ermittelten Punkte und Kurven gleicher Höhe ebenfalls aufzutragen. In der gleichen Weise können wir auch mit den weiter unten erwähnten Profilen verfahren, und wir erhalten dann ein *Netz von senkrecht sich durchschneidenden Linien*, die sich auf dem Zeichenbrett dem Beobachter geradeso wie das gleichfalls übertragene Landschaftsbild in perspektivischer Projektion darbieten.

durch den von dem photographischen Objektiv beherrschten Bildwinkel bestimmt wird. Zur Vervollständigung des Planes rings um M_1 sind somit mindestens 7 Aufnahmepaare erforderlich, bei denen die optischen Achsen in der Horizontalebene um jedesmal rund 51,5° voneinander abweichen und bei denen jedesmal die für unsere stereo-photogrammetrische Aufgabe aufgestellte Bedingung, die Platten vertikal und in einer Ebene, erfüllt sein muß. Die Aufnahmestation M_1 hält man zweckmäßig bei diesen Aufnahmepaaren unverändert fest, während man für M_2 einen je nach den Terrainverhältnissen verschieden weit von M_1 entfernten, höher oder tiefer gelegenen Standpunkt auswählt.

Hiermit betrachte ich unsere Aufgabe als gelöst. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß wir ebenso, wie wir die Durchdringungskurven der parallel zur xz-Ebene (horizontal) unseres Koordinatensystems durch den Objektraum gelegten Ebenen mit der Erdoberfläche, also die Höhenkurven, ermittelt haben, auch die Durchdringungskurven der parallel zur yz-Ebene (vertikal) gelegten Ebenen mit der Erdoberfläche, also die Profile parallel zur optischen Achse, feststellen können. Der einzige Unterschied besteht darin, daß die beiden Koordinaten x und y der Platte P_1 ihre Rollen in dem oben beschriebenen Verfahren vertauschen.

Es ergibt sich somit das bemerkenswerte Resultat, daß wir — die Erfüllung unserer Bedingung, die Platten bei der Aufnahme in einer Ebene, vorausgesetzt — mit dem Stereo-Komparator imstande sind, eine *systematische Aufteilung des Objektraumes* durch eine beliebige Anzahl von Schnittebenen parallel zu *jeder* der drei Hauptebenen unseres Koordinatensystems vorzunehmen.

Für die Konstruktion von Modellen durch Ausschneiden von Silhouetten nach den erhaltenen Kurven ist es im allgemeinen gleichgültig, welche der drei Arten von Kurven hierfür benutzt wird. Die eingangs erwähnten Profile senkrecht zur optischen Achse sind, da sie ohne Rechnung auf dem mit der Platte P_1 in unveränderter Lage festgehaltenen Zeichenbrett aufgezeichnet werden können, vielleicht am meisten hierfür geeignet; allerdings müssen sie, da sie sich auf dem Zeichenbrett in perspektivischer Projektion darbieten, vorher mit Hülfe eines geeigneten Perspektographen in wirkliche Profile umgezeichnet werden. Im übrigen bietet das Verfahren, aus solchen Profilen das Modell eines Gebirges zu konstruieren, mancherlei Ähnlichkeit mit dem neuerdings mit Erfolg angewandten Verfahren der Herstellung von sogenannten Photo-Skulpturen.

In der vorliegenden Mitteilung habe ich die Aufgabe, an der Hand des stereoskopischen Raumbildes der Landschaft topographische Karten mit Höhenkurven zu konstruieren, ausschließlich unter dem Gesichtspunkt der Anwendung des Stereo-Komparators behandelt. Ich möchte aber nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daß ich demnächst in dieser Zeitschrift über einen in letzter Zeit von mir konstruierten sogenannten *Stereo-Planigraphen* berichten werde, mit dem sich solche Karten und Modelle ohne irgend welche Ablesungen an Maßstäben und ohne irgend welche Rechnungen *unmittelbar* herstellen lassen, und der, wie wir sehen werden, auch noch zu mancherlei anderen Zwecken sich nützlich erweisen wird. Über diesen Apparat und das demselben zugrunde liegende Verfahren habe ich in einem am 16. Januar in der medizin.-naturwiss. Gesellschaft in Jena gehaltenen Vortrage mit Demonstrationen ausführliche Mitteilungen gemacht; ebenso hat Hr. Oberst Laussedat in Paris in einem vor der *Académie des Sciences* am 5. Januar gehaltenen Vortrag *„De l'emploi du stéréoscope en topographie et en astronomie“* dieses Instrumentes Erwähnung getan (s. *Compt. rend.* ***136.*** *S. 22. 1903*).

Jena, im Januar 1903.

Doppelwirkende Quecksilberluftpumpe.

Von
F. Neesen in Berlin.

Die Kolben-Quecksilberluftpumpen haben den Tropfenpumpen gegenüber den Nachteil, daß sie nicht kontinuierlich wirken. Dieser Übelstand soll durch die im nachstehenden beschriebene Anordnung gehoben werden, bei welcher zwei Pumpen vereinigt sind, die aber zwangsweise miteinander arbeiten, sodaß die eine ansaugt, während aus der anderen die vorher angesaugte Luft herausgedrückt wird.

Neben der Anordnung eines zu diesem Zwecke angebrachten Doppelhahnes hat die Pumpe noch andere Neuerungen, die sich aus der Beschreibung ergeben werden.

Die Pumpe wirkt, wie die Versuche mit derselben zeigten, ganz vortrefflich; sie arbeitet bedeutend rascher, wie andere Quecksilberluftpumpen, selbst wenn diese viel größere Volumina in ihren Stiefelräumen besitzen.

Der spezielle Aufbau der Pumpe, Anordnung und Zusammensetzung der einzelnen Teile rührt von Hrn. Burger, Glastechnisches Institut, Berlin NW, Chausseestraße 2d her, insbesondere auch die praktische in Fig. 2 abgebildete Vorrichtung.

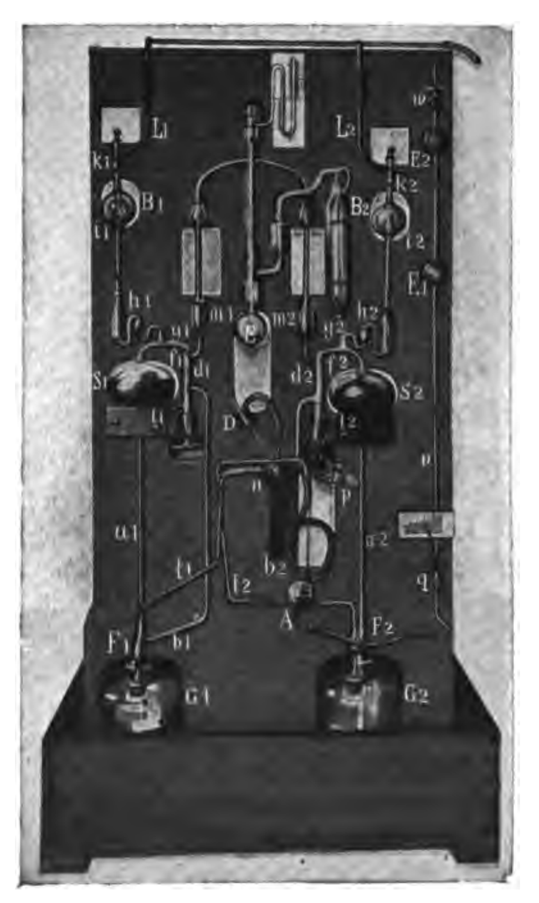


Fig. 1.

Entsprechende Gefäße u. s. f. der beiden Pumpenteile sind in der Zeichnung mit demselben Buchstaben, aber verschiedenem Index bezeichnet. Es wird daher bei der Beschreibung nur auf den Buchstaben ohne Index Bezug genommen. Jeder von den beiden Stiefeln *S* (Fig. 1) ist mit dem entsprechenden Sammelgefäß *G* durch ein Rohr *a* verbunden, von welchem ein Seitenrohr *b* abzweigt. An der Abzweigungsstelle ist in *a* ein Ventil *F* angeordnet; *a* sitzt mittels Schliff luftdicht in *G*. Von letzterem Gefäß geht eine Rohrleitung *t* zu einem Hahn *n*, dessen nähere Beschreibung nachher folgt. Er hat für jede der Leitungen t_1 und t_2 ein besonderes Ansatzrohr.

Das Seitenrohr *b* mündet in ein etwas weiteres Rohr *f*, in welchem sich ein mit einem oberen und unteren kleinen Schliffring versehenes Doppelventil *d* befindet. Dasselbe verschließt für gewöhnlich mit dem unteren Schliff ein Rohr *l*, welches von *f* nach *a* geht. Von *f* zweigt die Leitung *m* zum Trockengefäß und Rezipienten ab und weiter eine Verbindung *g* zum oberen Ausfluß des Gefäßes *S* und zu der bekannten Verschlußkapillare *h*. Diese mündet in ein Rohr, das zu der Erweiterung *B* und unter Einschaltung eines Zweiweghahnes *k* zur Leitung *L* führt, die mit einer

Vorpumpe verbunden ist. In B befindet sich eine Vorrichtung i zur Sicherung vor Überspritzen von Quecksilber, die in Fig. 2 besonders dargestellt ist und aus der Figur wohl ohne weitere Erklärung verständlich wird.

Das in f befindliche Doppelventil d schließt beim Hochgehen m gegen g ab. Die Ventile brauchen, wie ihre im nachstehenden beschriebene Verwendung beweist, nicht luftdicht zu schließen, sie können auch noch Quecksilber durchgehen lassen. Daher ist keine Gefahr vorhanden, daß sie sich festsetzen. Außerdem sind sie alle durch Schliffstützen zugänglich.

In m_1 und m_2 ist mittels Schliff die Zuleitung zu dem gemeinsamen Trockengefäß, Manometer, Rezipient eingesetzt unter Einschaltung einer Vorrichtung nach Fig. 2. Die Schliffverbindungen sind, da die angesetzten Röhren einige Länge haben, federnd und daher einem Zerbrechen nicht mehr wie jeder andere Glasteil ausgesetzt. Für jeden Schliff ist Quecksilberdichtung vorgesehen.

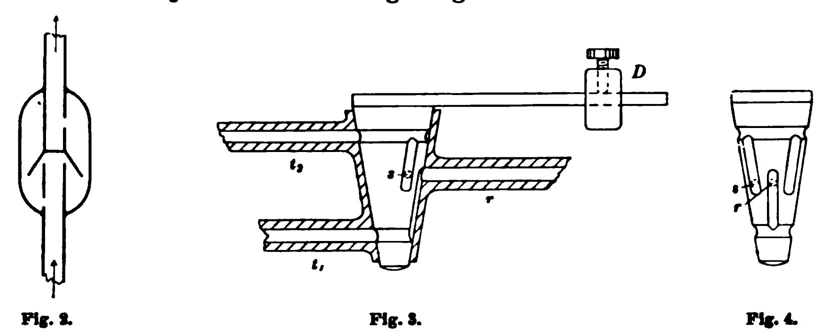


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Das Küken des Hahnes n trägt an einem Arme das Gefäß A und an einem zweiten das Gegengewicht D. Die Bohrungen des Kükens bestehen (Fig. 3 u. 4) aus zwei um das letztere herumgehenden Rinnen, auf welche die Leitungen t_1 bezw. t_2 münden, und zwei von der oberen Rinne abzweigenden Längsrinnen sowie einer von der unteren abzweigenden ebensolchen. Fig. 4 zeigt das Küken des Hahnes gegen die Stellung in Fig. 3 um den Abstand zweier Längsrinnen gedreht. Die Längsrinne rechts in Fig. 4 ist in Fig. 3 hinter der Zeichenebene zu denken. Der Hahn hat 4 Rohransätze, mittels deren die in Fig. 3 mit t_1 und t_2 bezeichneten mit den von den Gefäßen G_1 und G_2 kommenden Leitungen t_1 und t_2 (Fig. 1) verbunden sind, während Ansatz s unter Einschaltung eines Hahnes mit der äußeren Luft in Verbindung steht. Die Einschaltung dieses Hahnes erlaubt die Geschwindigkeit zu regeln, mit welcher das Quecksilber in die Pumpenteile einfließt. Ansatz r steht mit der Vorpumpe in Verbindung. Bei der in der Zeichnung angenommenen Stellung strömt also äußere Luft durch t_2 nach G_2, während die Vorpumpe die Luft durch t_1 aus G_1 aussaugt.

Gefäß A steht mit der Zuleitung t_2 am Gefäße G_2 biegsam in Verbindung, sowie mit einem Rohre v, das zwei Erweiterungen E hat und mit der Leitung zur Vorpumpe unter Einschaltung eines Hahnes w verbunden ist. Ein weiterer Hahn q am unteren Ende von v gestattet die Geschwindigkeit von durchfließendem Quecksilber zu regeln.

In G_1, G_2 und A befindet sich Quecksilber.

Das Spiel der Pumpe ist folgendes. Die Vorpumpe bewirkt die erste Verdünnung im Rezipienten und gleichzeitig in den Gefäßen E. Da nach der Zeichnung Gefäß G_2 mit der äußeren Luft in Verbindung steht, so drückt diese Quecksilber aus G_2 nach S_1 und aus A nach E. Das in a_2 aufsteigende Quecksilber hebt Ventil F_2,

sodaß der obere Teil von a_2 abgeschlossen ist und das Quecksilber gezwungen ist, durch b_2 nach f_2 zu fließen. Hier kann es zunächst nicht nach l_2 übergehen, weil das Doppelventil d_2 dieses Rohr verschließt. Das Quecksilber steigt daher in f_2 auf, bis Ventil d_2 gehoben und dadurch der Zugang zu l_2 frei wird; gleichzeitig wird aber auch f_2 von g_2 abgeschlossen. Nun füllt sich S_2 von unten; da aber Ventil d_2 oben nur lose schließt, so quillt auch durch diesen Verschluß Quecksilber nach S_2 und führt dadurch den Abschluß des Rohres m_2 herbei. Die von dem in S_2 aufsteigenden Quecksilber verdrängte Luft entweicht durch die Kapillare h_2 und wird dann von der Vorpumpe abgesaugt.

Während sich S_2 mit Quecksilber füllt, ist allmählich das Quecksilber aus A nach E übergedrückt, sodaß schließlich das Gegengewicht D das Übergewicht erhält und den Hahn n umsteuert. Durch Stellung des Hahnes q geschieht dieses, wenn die Abschlußkapillare h hinreichend mit Quecksilber gefüllt ist.

Nun geschieht das Gleiche, was vorher für den Teil 2 beschrieben ist, für Teil 1, während die Luft aus G_2 und A herausgesaugt wird, daher das Quecksilber sowohl in S_2 wie in E zu fallen beginnt. Ventil F_2 wird hierbei durch den Überdruck von oben geöffnet, ferner fällt auch das Quecksilber aus f_2, sodaß das Doppelventil d_2 sich senkt und damit die Verbindung zwischen m_2, somit auch dem Rezipienten und dem Stiefel S_2 herstellt.

Das aus E nach A übergesaugte Quecksilber füllt A auf, bis die Schwere von A überwiegt und der Hahn wieder umschlägt. Das geschieht dann, wenn die Kapillare h_1 hinreichend mit Quecksilber gefüllt ist.

Der Hahn w wird, wenn die Pumpe einmal in Gang gesetzt ist, dauernd geschlossen gehalten, auch wenn die Pumpe abgestellt ist. Die Hähne k_1 und k_2 können, wenn eine hinreichende Verdünnung erreicht ist (2 oder 3 *mm* Hg), gleichfalls geschlossen werden, um die Pumpe vor Störungen von außen zu schützen.

Referate.

Vorschlag eines neuen Typus der Fernrohr-Nivellierinstrumente.

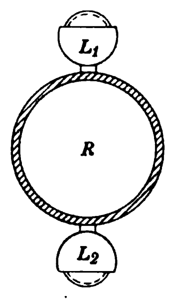
Von V. Baggi. *Rivista di Topogr. e Catasto* ***14.*** *S. 161. 1901/02.*

Unter den verschiedenen Typen der Nivellierinstrumente für Arbeiten mit nicht sehr weitgehender Genauigkeit sind bekanntlich die „einfachen“ (oder „englischen“) Instrumente am meisten im Gebrauch, bei denen das Fernrohr ein fester Teil der Alhidade und die Libelle (von der Korrektionsvorrichtung selbstverständlich abgesehen) fest mit dem Fernrohr verbunden ist; es ist auch gegen dieses Instrument nichts einzuwenden, wenn Rückblick und Vorblick stets dieselbe Länge haben können. Für Nivellierungen im Hügel- und Bergland dagegen, wo diese Bedingung nicht erfüllt werden kann, sodaß nicht das „Nivellieren aus der Mitte“ den Fehler des Nivellierinstruments auf jeder Station eliminiert und man zu fortwährender Verstellung des Okularauszugs zwischen Rückblick und Vorblick genötigt ist, erklärt der Verf. solche Instrumente mit festem Fernrohr und fester Libelle als den absolut schlechtesten Typus.

Er will nun hier den vorhandenen Bauarten der Nivellierinstrumente eine neue anreihen; das neue Instrument soll praktisch ebenso einfach handhabbar sein wie das mit festem Fernrohr und fester Libelle, soll dagegen den Übelstand beseitigen, der aus der Verlegung der Ziellinie bei Verschiebung des Okularauszugs entsteht, ohne die allen andern Instrumenten mit beweglichem Fernrohr eigenen Fehlerursachen hereinzubringen.

Das Instrument hat ein zwar nicht umlegbares, aber um seine mechanische Achse leicht drehbares Fernrohr (wie bei dem „Kompensations-Nivellierinstrument“ von Breithaupt);

ferner sind an dem Rohr R des Fernrohrs *zwei* Libellen befestigt, die eine über, die zweite (bei um 180° um seine Achse gedrehtem Fernrohr zur Wirkung kommende) unter dem Fernrohr (vgl. die Figur); die Bezifferungen der Teilungen beider Libellen gehen gegen einander.



Endlich ist, als hier unentbehrlich, eine Feinschraube zur Hebung und Senkung des Fernrohrs vorhanden.

Das Instrument wird abgebildet, seine Rektifikation genau beschrieben. Wenn die parallele Lage der zwei Libellenachsen L_1 und L_2 einmal erreicht ist, so braucht man sie erst nach verhältnismäßig langer Zwischenzeit wieder nachzusehen. Bei der Anwendung des Instruments wird man im allgemeinen nur bei Wechselpunkten, bei ungleichen Längen des Rück- und Vorblicks, die *zwei* Lattenablesungen machen, die der Lage L_1 oder L_2 oben entsprechen; bei Zwischenpunkten wird man sich meist mit einer Ablesung begnügen können.

Der Verf. warnt davor, sein Instrument als Abart des Instruments mit *Doppellibelle* anzusehen; das neue Instrument leiste mehr als die Wendelibelle, indem es in einfachster Weise den Fehler eliminiere, der vom ungleichmäßigen Gang des Okularrohres herrühre, den Fehler, der den Grund dafür bilde, aus dem bei Nivellierungen, die größere Genauigkeit erreichen sollen, keine Instrumente mit festem Fernrohr und fester Libelle anzuwenden sind.

Hammer.

Hodograph.

Von Th. Ferguson. *Vortrag vor der „Shanghai Society of Engineers and Architects" am 16. April 1901. Sonderabdruck. 8°. 16 S. mit 1 Tafel.*

Das Instrument ist zur selbsttätigen Aufnahme (untergeordneter Genauigkeit) auf dem Wasser zurückgelegter Wege komplizierter Form bestimmt und wird sicher das Interesse der Marine-Fachleute erregen.

Durch gleichmäßige Uhrwerksabwicklung eines Papierbandes werden zunächst die zurückgelegten *Entfernungen* registriert. Um auch die Richtungen automatisch registrierbar zu machen, ist der Verf. folgender Überlegung gefolgt: An einer Kompaßnadel sei ein aus ganz leichtem Material bestehender Spiralstreifen befestigt und zwar liege der Anfangspunkt der Spirale auf der Nordhälfte der Magnetnadel im Abstand d vom Spielpunkt der Nadel; die Spirale ist so geformt, daß die Richtungen: magnetisch Ost, Süd, West, Nord in den Entfernungen $d + a$, $d + 2a$, $d + 3a$, $d + 4a$ vom Spielpunkt der Nadel geschnitten werden, wobei $4a = 3$ Zoll, nämlich gleich der Breite des zur Registrierung der Entfernungen sich abwickelnden Papierbandes ist. Wenn die Spirale in dem Punkt der zur Bewegungsrichtung des Papiers senkrechten Richtung eine Marke auf dem Papier machen kann, so kann aus der Lage dieser Marke zu dem Rand des Papierstreifens das magnetische Azimut der Richtung der augenblicklichen Bewegung abgelesen werden. Die Magnetnadel ist übrigens bei dem ausgeführten Instrument durch die Spirale selbst, die magnetisch gemacht ist, ersetzt.

Die ganze Einrichtung des Instruments wird eingehend beschrieben und es wird angegeben, wie es mit Hülfe eines optischen Basisschienen-Entfernungsmessers mit einer Grundlinie von 3 Fuß etalonniert wird. Als Beispiel der Konstruktion eines Wegs aus den automatischen Aufzeichnungen des Hodographen gibt der Verf. ein Stück des Sutschau-Flusses in Kiangsu; der Apparat stand auf einem durch eine Dampfpinasse geschleppten Hausboot. Die zwei Aufnahmen (Berg- und Talfahrt) im Maßstab 2 engl. Meilen = 1 Zoll (1:126700) zeigen eine angesichts aller Umstände recht befriedigende Übereinstimmung.

Hammer.

Methode der Beobachtung der Höhe eines Himmelskörpers zur See bei Nacht oder bei sonst nicht sichtbarem Horizont.

Von J. Joly. *Scientif. Proceed. Roy. Dublin Soc.* **9.** *S. 559. 1902.*

Wenn die Kimme, nachts oder bei in kleinen Höhen bedecktem Himmel, nicht sichtbar ist (während, wenigstens in größeren Höhen, Sterne sichtbar sind), versagen dem Seemann die gewöhnlichen Reflexionsinstrumente, bei deren Verwendung er auf seinen „natürlichen

Horizont" angewiesen ist. Es ist bekannt, daß, zumal in den letzten Jahren, viele Vorschläge zu Instrumenten für die Sternhöhenmessung zur See in solchen Fällen aufgetaucht sind; die bemerkenswertesten Einrichtungen sind bis jetzt der Kreiselsextant von Fleuriais, der den natürlichen Horizont durch eine gyroskopisch hergestellte, optische Horizontmarke ersetzt und die Libellenquadranten oder Libellenkreise, die, nach Art der in der Topographie längst gebräuchlichen „Freihand-Höhenwinkelmesser" eingerichtet, ins Gesichtsfeld der Zielung nach dem Gestirn das Bild einer Libellenblase reflektieren, das abermals die Neigung jener Zielung gegen die Horizontale zu messen ermöglicht. Freilich lassen die Instrumente dieser zweiten Gruppe an Genauigkeit zu wünschen übrig.

Der Verf. der vorliegenden Notiz sucht die Aufgabe dadurch zu lösen, daß er innerhalb des vom Beobachtungsort auf dem Schiff aus zu übersehenden Raums und in genügender Entfernung vom Schiff ein künstliches leuchtendes Zielzeichen herstellt in Form eines ausgeworfenen Rettungs-Signal-Lichts von der Art, wie sie das englische Handelsamt (*Board of Trade*) vorschreibt. Das helle, weiße Licht dieser Signale ist bei guter Luft bis zu 5 Seemeilen, 9 *km*, weit sichtbar, wird von Wind und Wellen nicht verlöscht und brennt etwa $^1/_2$ Stunde. Wenn man 3 oder 4 Faden Schnur und daran ein Eisenstückchen an dem Körper des Signals befestigt, so ist nach dem Verf. eine Windtrift dieses Zielpunkts nach dem Auswerfen ganz ausgeschlossen und die Strömungstrift schadet nichts, weil sie das Schiff in derselben Art versetzt. Nachdem (womöglich nahezu entgegengesetzt der Richtung der Fahrt) der Stern gewählt und sein Azimut gepeilt und sodann der Kurs genau von dem Stern ab gesetzt ist, wird das Signal über Bord geworfen und gleichzeitig die Logge zur Entfernungsmessung benutzt. Wenn eine Entfernung von etwas über 1 Seemeile angezeigt wird, kann die Messung mit Hülfe des Sextanten (Winkelabstand des Sterns von dem Zielzeichen) beginnen. Der Tiefenwinkel nach dem Zielzeichen, der sich aus dessen Entfernung und der Höhe des Auges über dem Wasserspiegel ergibt, ist natürlich in Rechnung zu bringen, ebenso bei rauhem Wetter eine zweite Korrektion dafür, daß unter den durchlaufenden Wellen das Signal seine Höhe verändert um die halbe Wellenhöhe über und unter die Mittellage.

Der Verf. gibt noch weitere Erläuterungen zu seiner Methode, bringt aber keine Zahlen aus wirklichen Versuchsmessungen bei. Daß die Methode große Fehler im Gefolge haben kann, liegt auf der Hand; was sie anderseits unter günstigen Umständen zu leisten imstande ist, wäre an der Hand von Versuchen zu zeigen. Der Ref. glaubt, daß die wichtigeren Versuche die zur Verbesserung der *Instrumente* sein werden, an denen, sei es mechanisch oder mit Hülfe einer Libelle, eine künstliche Horizontmarke sichtbar wird.

Hammer.

Telemeter mit Zirkelstativen.

Von E. v. Paschwitz. *Zeitschr. f. Vermess.* ***31.*** *S. 110. 1902.*

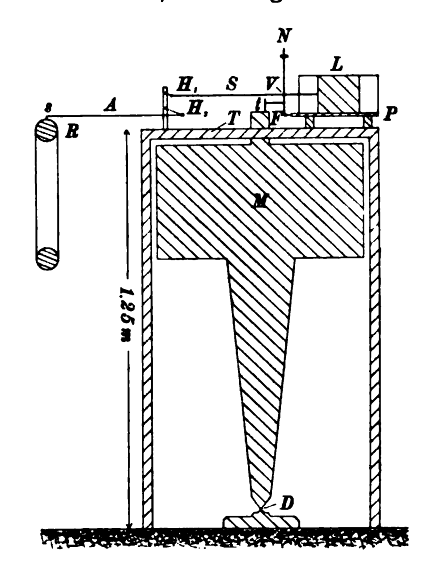
Der Verf. macht den Vorschlag, die Spiegelprismen der bei der deutschen und französischen Infanterie eingeführten Telemeter nicht von freier Hand zu halten, sondern sie auf zweischenklige, leichte und bequem transportable Stative mit Zirkelgelenken am Kopf zu setzen, wodurch sich die Genauigkeit der Arbeit *wesentlich* steigern lasse. Daß dies zutrifft, ist sehr wahrscheinlich; es sollten aber solche Vorschläge nie ohne gleichzeitige Mitteilung *aller* Zahlen (Genauigkeitszahlen, dann besonders auch der Zahlen für den Zeitaufwand bei der Arbeit) praktischer Versuche gemacht werden. *Hammer.*

Das Wiechertsche astatische Pendelseismometer der Erdbebenstation Leipzig und die von ihm gelieferten Seismogramme von Fernbeben.

Von F. Etzold. *Ber. d. math.-phys. Kl. d. Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. z. Leipzig 28. Juli 1902.*

Das von Wiechert konstruierte astatische Pendelseismometer, das Referent im Geophysikalischen Institut zu Göttingen eingehend untersuchen konnte, kann ohne Frage als das beste Seismometer mit mechanischer Registrierung für die Beobachtung von Erdbeben bezeichnet werden. Seine Empfindlichkeit ist sehr groß, vor allem aber wird durch eine

stark wirkende Dämpfungseinrichtung erzielt, daß die Eigenschwingungen des Instrumentes die Aufzeichnung der wahren Bodenbewegungen nicht überdecken und verwirren, sodaß man ein ziemlich getreues Bild der Bodenbewegungen selbst erhält. Bei fast allen anderen Seismographen mit mechanischer Registrierung treten die Eigenschwingungen des Instruments so stark auf, daß ein genaueres Studium der wirklichen Bodenbewegung ausgeschlossen ist.



Als besondere Neuerung an dem Instrumente sei hervorgehoben, daß sämtliche Drehungsachsen in sinnreicher Weise durch Federnpaare ersetzt sind, wodurch die Reibung auf ein Minimum reduziert wird.

Es kann hier vorläufig nur eine flüchtige Beschreibung an der Hand der nebenstehenden Figur gegeben werden.

Die stationäre Masse des Instrumentes bildet die labil aufgestellte Eisenmasse M in Form eines umgekehrten Pendels, die ein Gewicht von 1100 *kg* besitzt und durch ein Paar Blattfedern F gehalten wird. Das große Gewicht war nötig, um den Einfluß der Reibung der Schreibfedern s auf dem berußten Papier des Registrierapparates R unschädlich zu machen.

Die Eisenmasse steht auf einem kardanischen Federngehänge D. Sie wird von einem Holzgehäuse umgeben, das oben eine Tischplatte T trägt, durch die ein Fortsatz des Pendels, ohne den Tisch zu berühren, hindurch geht. Oben auf dem Fortsatze ist ein Stift t befestigt, der mit der Hebelübertragung S, dem kurzen und langen Hebelarm H_1 und H_2, dem Schreibarm A, sowie der Dämpfungstrommel mit Luftdämpfung L in Verbindung steht; N ist die Stabilisierungsstange. Das Blattfedernpaar F ist durch die Stange P fest mit dem Tisch verbunden.

Bewegt sich der Boden und mit ihm der Tisch, so bleibt das Pendel stationär, das Blattfedernpaar wird abgebogen und die Hebelübertragung, sowie der Schreibarm treten in Tätigkeit.

Natürlich ist für die Beobachtung der beiden Komponenten der Bebenbewegung noch ein zweiter, gleicher Vergrößerungs- und Schreibmechanismus mit dem Pendel verbunden, der rechtwinklig zu dem ersten steht.

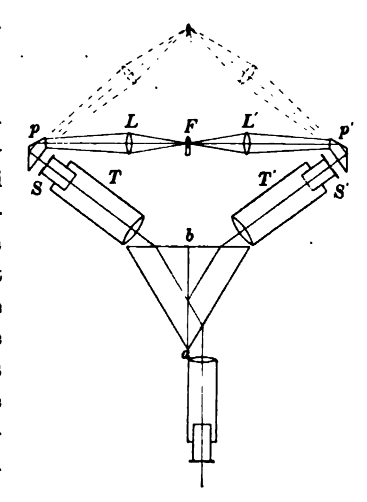
Die der Abhandlung beigefügten Kopien der Erdbebendiagramme geben einen Beweis für die Vorzüglichkeit des Instrumentes. Im Interesse der Erdbebenforschung, die der Einführung eines einheitlichen und möglichst vollkommenen Instrumentes dringend bedarf, wünscht Referent dem astatischen Pendelseismometer weite Verbreitung. *Hck.*

Bemerkungen über spektrophotometrische Versuchsanordnungen.

Von L. B. Tuckermann. *Astrophys. Journ.* **16.** *S. 145. 1902.*

Die Bemerkungen beziehen sich auf das Bracesche Spektrophotometer, über welches in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 210. 1900* referiert wurde (s. die Figur). Verf. bespricht zunächst die Bedingungen, welche zu erfüllen sind, damit das Gesichtsfeld ganz gleichmäßig erleuchtet wird. Die zuerst aufgeführten, die wohl selbstverständlich sind, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Der Apparat muß erstens sorgfältig gearbeitet sein (die Spalte werden besonders eingehend besprochen); zweitens muß er gut justiert werden nach denselben Prinzipien, nach welchen man Spektrometer justiert, und drittens muß der eine Kollimator mit dem Spiegelbild des anderen in Bezug auf den Silberstreifen $a\,b$ zusammenfallen. Weiter wird dann verlangt, daß der zentrale Teil des Gesichtsfeldes (oder des Silberstreifens) von den Mitten der Kollimatorobjektive erleuchtet wird, und daß das durch die Mitte des Silberstreifens hindurchgehende Licht stets mitten auf das Fernrohrobjektiv fällt, daß also bei einer Drehung des Beobachtungsfernrohres (um die Farbe zu ändern) sich das Bild des

Silberstreifens und seiner Umgebung nicht bewegt. Um dies zu erreichen, wird die Drehungsachse des Fernrohres nicht durch die Mitte des Silberstreifens gelegt, sondern durch das Bild dieses Punktes, welches durch etwa in Richtung der Fernrohrachse das Prisma verlassende Strahlen erzeugt wird. Es ist klar, daß sich dann bei geringer Drehung des Fernrohrs die Mitte des Silberstreifens nicht gegen die des Fernrohrobjektivs verschiebt. Dagegen kann, da die Kollimatoren fest stehen bleiben, nur für *eine* Strahlenart das aus der Mitte der Kollimatoren austretende Licht den Silberstreifen in seiner Mitte treffen. Immerhin erreicht der Verfasser durch seine Anordnung, daß bei Helligkeitsgleichheit die Grenzen des Silberstreifens „beinahe“ verschwinden.



Um bei Absorptionsbestimmungen beide Kollimatoren durch *eine* Lichtquelle so erleuchten zu können, daß Schwankungen beide Photometerfelder gleichmäßig treffen, also bei der Beobachtung nicht stören, dient die aus der Figur ersichtliche von Brace angegebene Anordnung. F ist eine Azetylenflamme, L und L' sind gleiche Linsen, welche mit Hülfe der Glasprismen p und p' das Licht auf die Spalte werfen. Sowohl eine Neigung der Flamme nach einer Linse hin wie in einer dazu senkrechten Richtung beeinflußt das auf die Spalte treffende Licht in gleicher Weise. Die eine dem Silberstreifen $a\,b$ nahezu parallele Fläche von p ist versilbert. Dadurch wird der Einfluß der selektiven Absorption an dem Silberstreifen kompensiert.

Die punktiert gezeichnete Anordnung empfiehlt der Verfasser deswegen nicht, weil hier eine Neigung der Flamme nur ausnahmsweise auf beide Kollimatoren gleichmäßig einwirkt.

Die Messung geschieht mit Hülfe des Bilateralspaltes S' und zweitens einer rotierenden Scheibe, welche durch stufenförmige Ausschnitte erlaubt, das Licht auf $^9/_{10}$, $^8/_{10}$, $^7/_{10}$ u. s. w. zu schwächen (vgl. das oben erwähnte Referat). Der Verfasser empfiehlt, 1. für andauernden Gebrauch des Spektrophotometers den Bilateralspalt mit Hülfe der Scheibe für die in Betracht kommenden Spaltbreiten von S und Wellenlängen zu eichen und dann mit S' allein zu messen; 2. für wenige Beobachtungsreihen und nicht zu großen Genauigkeitsanspruch die Scheibe und den (nicht kalibrierten) Bilateralspalt in der Weise zu benutzen, daß der letztere möglichst wenig geändert wird, die Hauptschwächung also durch die Scheibe geschieht; auf diese Weise wird auch der häufig erhebliche Einfluß des Nullpunktfehlers von S' nahezu beseitigt; 3. für starke Absorption und für große Genauigkeit wird empfohlen, die Scheibe und den kalibrierten Bilateralspalt gemeinsam zu verwenden.

Die Fehler, denen man ausgesetzt ist, wenn man die Licht-Intensität der Spaltbreite proportional annimmt, werden an der Hand älterer Beobachtungen besprochen.

E. Br.

Prinzip eines neuen Interferenz-Refraktometers.

Von G. Sagnac. *Compt. rend.* ***134.*** *S. 820. 1902.*

Der Verfasser beabsichtigt, ein System von Interferenzstreifen zu erzeugen, deren Ort im Unendlichen liegt. Zu diesem Zwecke will er eine homogene Lichtquelle ein wenig exzentrisch in die Brennebene eines aplanatischen Fernrohrobjektives bringen und das aus dem so entstehenden Kollimator austretende parallele Lichtbündel nahezu senkrecht auf zwei genau parallel zueinander justierte ebene Spiegelflächen auffallen lassen. Das Lichtbündel wird dann durch die Reflexion an den beiden Ebenen in zwei parallele interferenzfähige Büschel zerlegt, die zum Kollimator zurückkehren und in dessen Brennebene zu *einem* reellen Spiegelbilde der Lichtquelle vereinigt werden. Betrachtet man dieses Spiegelbild mit einem Okular, so wird man bei genügender Homogenität der Lichtquelle in demselben ein System von Interferenzringen beobachten. Dieses Interferenzrefraktometer mit

Autokollimation würde also nur aus einem Fernrohre, das mit einer Vorrichtung zur Beleuchtung eines Teiles der Brennebene versehen ist, und den beiden Spiegeln bestehen und würde in seiner Wirkungsweise dem Michelsonschen Interferenzrefraktometer gleichen; ja es würde dem letzteren in einem Falle vorzuziehen sein, nämlich wenn es sich darum handelt, an entsprechenden Stellen der interferierenden Büschel streng dieselbe Temperatur zu haben.

Die ganze vorgeschlagene Anordnung ist also im wesentlichen identisch mit dem Abbeschen Interferenzapparat zur Beobachtung der Interferenzkurven an Glasplatten (vgl. S. Czapski, *diese Zeitschr.* **5.** *S. 149. 1885*), von dem eine Neukonstruktion demnächst veröffentlicht werden wird. *Lö.*

Über die elektrische Funkenentladung[1]).

H. Th. Simon, *Gött. Nachr. 1899. S. 183.* — J. B. Baille, *Ann. de chim. et de phys.* **25.** *S. 486. 1882.* — Fr. Paschen, *Wied. Ann.* **37.** *S. 69. 1889.* — P. Cardani, *Rend. Accad. dei Linc.* **4.** *S. 44. 1888.* — M. Wolff, *Wied. Ann.* **37.** *S. 306. 1889.* — G. Jaumann, *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien.* **97.** *S. 765. 1888;* **104.** *S. 7. 1895; Wied. Ann.* **55.** *S. 656. 1895.* — H. Hertz, *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1887. S. 487 u. 898 (auch gesamm. Abh.).* — E. Wiedemann u. H. Ebert, *Wied. Ann.* **33.** *S. 241. 1888.* — E. Warburg, *Wied. Ann.* **59.** *S. 1. 1896;* **62.** *S. 385. 1897; Ann. d. Physik* **5.** *S. 811. 1901; Verhandl. d. physik. Gesellsch. zu Berlin* **17.** *S. 92. 1898.* — R. Swyngedauw, *Journ. de phys.* **9.** *S. 487. 1900; Rapports présentés au Congrès Internat. de Physique à Paris en 1900, Bd. 3.* Paris, Gauthier-Villars 1900. *S. 164.* — K. E. Guthe, *Ann. d. Physik* **5.** *S. 818. 1901.* — A. Orgler, *Ann. d. Physik* **50.** *S. 159. 1900.* — H. Starke, *Wied. Ann.* **66.** *S. 1009. 1898.* — J. Elster u. H. Geitel, *Verh. d. Deutsch. physik. Gesellsch.* **1.** *S. 7. 1900.* — J. B. Peace, *Proc. Roy. Soc.* **52.** *S. 99. 1892.* — R. J. Strutt, *Proc. Roy. Soc. London* **65.** *S. 446. 1900; Phil. Trans.* **193.** *S. 377. 1900.*

Wenn man zwischen zwei räumlich getrennten Elektroden eine genügend hohe Potentialdifferenz entstehen läßt, so erhält man, sobald die Gasdichte oberhalb einer gewissen Grenze liegt, eine momentane Entladung in Form eines elektrischen Funkens. Derselbe ist um so intensiver, je größer die sich entladende Elektrizitätsmenge ist. Die Elektroden werden zerstäubt und verdampft, im Spektrum sieht man daher die Linien des Metalldampfes. Die Elektroden dürfen in der Regel nicht zu stark gekrümmt sein, weil die Entladung dann in Form von Büscheln oder durch Glimmen stattfindet. Eine Grenze läßt sich aber hier nicht angeben, weil es dabei auf den Elektrodenabstand sowie ferner auf die Art und Weise der Elektrizitätszufuhr ankommt. So können Induktionsfunken zwischen einer Spitze und einer Platte beispielsweise noch erhalten werden, wo bei langsamer Erhöhung der Potentialdifferenz keine Funken mehr entstehen. Während kurze Funken eine geradlinige oder sanft gekrümmte Form haben, zeigen lange Funken eine gezackte Bahn und eigentümliche Verzweigungen. An Blitzphotographien sind dieselben meist besonders deutlich sichtbar. Wenn man einen Blitz auf einer schnell bewegten photographischen Platte aufnimmt, so zeigt er sich in mehrere parallele Streifen aufgelöst, ein Zeichen, daß eine ganze Anzahl von Entladungen hinter einander dieselbe Bahn eingeschlagen hat. Daraus geht hervor, daß eine Entladung der nächsten durch eine Modifikation der Luft den Boden vorbereitet hat. Blitzphotographien, die bei stärkerem Wind mit ruhender Platte aufgenommen sind, zeigen ebenfalls dieses Aussehen. Die einander folgenden Partialentladungen liegen dann neben einander, weil der Wind die modifizierte Luft in der zwischen den einzelnen Entladungen liegenden Zeit eine Strecke weit fortbewegt hat. Dieses Leitendwerden der Luft auf eine sehr kurze Zeit kann man auch an Induktionsfunken beobachten. Nimmt man einen mit großer regulierbarer Schnelligkeit arbeitenden Unterbrecher (Wehnelt-Unterbrecher, Turbinenunterbrecher der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin), so kann

[1]) Bearbeitet nach einem Auszug aus einer vom Referenten im Sommer-Semester 1902 an der Universität Berlin gehaltenen Vorlesung.

man durch Erhöhen der Unterbrechungszahl es leicht dahin bringen, daß die scharf gezackte, knallende Funkenentladung plötzlich in eine lichtbogenähnliche umspringt. Dies findet in dem Augenblick statt, wo die Unterbrechungsgeschwindigkeit so groß geworden ist, daß für jede Entladung die Luft die durch den vorhergehenden Funken erhaltene Leitfähigkeit noch besitzt. Die Dauer dieser Nachwirkung in verschiedenen Gasen ist durch Messung der Unterbrechungsgeschwindigkeit im Moment des Umschlags der Funken in die Bogenentladung von H. Th. Simon untersucht worden.

Die Dauer des Entladefunkens ist eine ungemein kurze, sie zählt nach Zehntausendsteln einer Sekunde. Da die Entladung einer Leydener Flasche durch eine induktive Leitung in Schwingungen vor sich geht, so ist auch der dabei auftretende Funke nicht einfach, sondern aus vielen Einzelfunken zusammengesetzt; auch diese Funken schlagen alle den gleichen Weg ein, sodaß nur eine Funkenbahn sichtbar wird.

Bei der Entladung einer Leydener Flasche stürzt in der kurzen Zeit einer Schwingung die gesamte in derselben enthaltene Elektrizitätsmenge durch den die Belegungen verbindenden Leiter. Die dabei auftretende Stromstärke ist daher eine sehr große. Man erkennt dies an den starken Induktionswirkungen der Kondensatorentladungen. Auch die außerordentlich hohe Temperatur, welche längs der Funkenbahn erzeugt wird, ist diesem Umstand zuzuschreiben.

Von besonderem Interesse ist die Frage nach der Potentialdifferenz, welche zwischen zwei Leitern bestehen muß, damit Funkenentladung eintritt. Man spricht hier von dem zu einer Funkenstrecke gehörigen *Entladungspotential* und der zu einer gewissen Potentialdifferenz gehörigen *Schlagweite*.

Diese Größen hängen in erster Linie ab von der geometrischen Beschaffenheit der Elektroden, sowie von der Natur des Gases, in welchem sich dieselben befinden. Der maßgebende Faktor für Eintritt der Funkenentladung in einem Gase unter bestimmten äußeren Bedingungen ist die Intensität des elektrischen Feldes. Bei und über einem bestimmten Wert derselben tritt Entladung ein. Die Feldintensität ist durch Form und Abstand der Elektroden und die Potentialdifferenz zwischen ihnen gegeben. Die beste und allgemeinste Angabe wäre daher diejenige der Feldintensität, bei welcher Entladung eintritt. Da dieselbe aber meist zu umständlich zu berechnen ist, so begnügt man sich mit der Angabe der Potentialdifferenz, welche bei einer bestimmten Form der Elektroden für einen bestimmten Abstand derselben Entladung bewirkt.

Ein Gas von gewissem Druck und gewisser Temperatur wird also bei einer bestimmten Feldintensität zum Elektrizitätsleiter, indem es den Durchgang von Elektrizität erlaubt; es wird dann vom Funken zerrissen. Man spricht daher von einer *elektrischen Festigkeit* des Gases und versteht darunter die Intensität desjenigen elektrischen Feldes, welchem das Gas gerade nicht mehr zu widerstehen vermag.

Über die Entladungspotentiale zwischen Kugeln in verschiedenen Gasen unter verschiedenen Bedingungen des Drucks und der Temperatur sind eine größere Reihe von Arbeiten veröffentlicht worden, von denen hier nur die wichtigsten erwähnt seien. Baille untersuchte die Abhängigkeit des Entladungspotentials V vom Gasdruck p und fand, daß V proportional mit p wächst. Er beobachtete nur bei Funkenlängen kleiner als 0,25 *cm*. Dies Resultat ist nur angenähert richtig. Genaue Untersuchungen hat Paschen angestellt. Zwischen Drucken von 100 *mm* und 1 Atmosphäre findet er ein erst schnelles, dann langsameres Abnehmen des Quotienten V/p. Paschen teilt zweierlei Kurven mit, von denen die einen die Beziehung von V zur Funkenlänge δ bei konstantem Druck p, während die anderen die Veränderlichkeit von V mit p bei konstantem δ zeigen. Man kann aus diesen zweierlei Kurvenscharen ersehen, daß V stets denselben Wert besitzt für ein gleiches Produkt $p \cdot \delta$. Sobald also das Produkt aus Druck und Funkenstrecke, oder, was dasselbe bedeutet, aus Gasdichte λ und Funkenstrecke δ, das gleiche ist, ist auch das Entladungspotential das gleiche. Daß $\lambda\,\delta$ denselben Wert behält, heißt aber nichts anderes, als daß die Anzahl n der Moleküle in der die nächsten Punkte der Elektroden verbindenden Kraft-

röhre die gleiche bleibt; somit ist V nur abhängig von der Anzahl der Gasmoleküle, unabhängig dagegen von deren mittlerem Abstand. Daß auch die Geschwindigkeit ihrer Bewegung ohne Einfluß ist, zeigt sich aus den Versuchen Cardanis, welcher fand, daß eine Erhitzung auf 250° ohne Volumenänderung auf das Entladungspotential keinen Einfluß ausübt.

Die Beziehung zwischen Entladungspotential V und Gasdruck p wird einfach bei Drucken, welche größer als Atmosphärendruck sind. M. Wolff fand bei Drucken von 1 bis 8 Atm. Proportionalität der beiden Größen.

Bei diesen größeren Drucken zeigt sich in besonders deutlicher Weise die bereits von Paschen beobachtete Erscheinung, daß der erste Funke stets bei einem erheblich (bis über die Hälfte) niedrigeren Potential überspringt, als die folgenden. Wenn die durch einen Funken erzeugte Leitung der Luft bis zum nächsten anhielte, so sollte man das Gegenteil erwarten. Wolff vermutet, daß diese auffällige Erscheinung daher rührt, daß der erste Funke die Staubteilchen aus der Entladungsbahn entfernt.

In allen genannten Untersuchungen ist das Entladungspotential so bestimmt worden, daß eine Elektrode abgeleitet, die andere langsam aufgeladen wurde, sodaß das Elektrometer in seiner Angabe folgen konnte, bis Entladung eintrat. In dieser Weise, aber unter Anwendung gewisser Vorsichtsmaßregeln, sind auch die neusten und genausten der vorliegenden Messungen auf Warburgs Anregung von A. Orgler ausgeführt worden. Vor deren Besprechung müssen einige Erscheinungen und Fragen erörtert werden, welche bei dem Vorgange der Funkenentladung eine wichtige Rolle spielen.

Es ist dies zunächst die Erscheinung der sogenannten *Verspätung*. Jaumann beobachtete wohl als erster, daß zwischen zwei Kugeln des öfteren Potentialdifferenzen einige Zeit hindurch aufrecht erhalten werden können, welche größer als die zur Entladung ausreichende Potentialdifferenz sind, ohne daß jedoch eine solche eintritt. Dieselbe tritt dann erst nach einer gewissen Zeit plötzlich und spontan ein, die länger oder kürzer sein, nach Sekunden bis hinauf zu einigen Minuten zählen kann. In dieser *Verspätungsperiode* muß irgend ein elektrischer Vorgang, ein Vorprozeß der eigentlichen Entladung sich abspielen, der indessen bislang direkt, etwa mit dem Elektrometer, nicht hat wahrgenommen werden können. Diese Verzögerung der Funkenentladung tritt besonders deutlich bei sehr blank geputzten Elektroden und, wie Warburg zeigte, in gut getrocknetem Gase hervor. In feuchtem Gase tritt die Erscheinung der Verspätung sehr zurück. Die gegenteilige Behauptung Jaumanns, daß Feuchtigkeit ohne Einfluß sei, ist sicher nicht richtig. Daß er die Verspätung in gleicher Weise bestehen bleibend fand, wenn er durch ein Glasrohr zwischen die Kugeln blies, sodaß diese mit Wasser beschlugen, muß in irgend welchen besonderen Umständen seinen Grund gehabt haben. Der günstige Einfluß eines Trockenmittels auf das Zustandekommen großer Verspätungen ist ein ganz evidenter und leicht zu zeigender. Eine auf die Verspätung der Funkenentladung zurückzuführende Tatsache ist es, daß die Funken zwischen den Polen eines Induktors gewöhnlich bei viel höheren Potentialen, als dem eigentlichen Entladungspotential entspricht, vor sich gehen, ein Umstand, der für das Zustandekommen kräftiger elektrischer Wellen sehr förderlich ist. Günstig hierfür ist also trockene Luft. Die Erscheinung der Verspätung ist in vieler Hinsicht derjenigen des Siedeverzuges ähnlich. Wie dort das Potential die Entladungspotentialdifferenz, so kann hier die Temperatur die normale Siedetemperatur bedeutend übersteigen. Für beide Verzüge sind große Sauberkeit der Elektroden und des Gases bezw. des Gefäßes und der Flüssigkeit günstig.

Die Verzögerung scheint in dichteren Gasen deutlicher ausgeprägt zu sein. Während sie in Wasserstoff, Helium kaum zu bemerken, ist sie in Luft, Sauerstoff, Stickstoff etwa gleich stark entwickelt, am besten in Kohlensäure.

Eine weitere, sehr bemerkenswerte, von H. Hertz zuerst beobachtete Erscheinung ist der merkwürdige Einfluß ultravioletten Lichts auf die Funkenentladung. Hertz fand gelegentlich seiner ersten berühmt gewordenen Versuche mit ganz schnellen elektrischen

Schwingungen, daß das Entstehen der Resonatorfünkchen wesentlich erleichtert wurde, wenn man das Licht der Primärfunken auf die Unterbrechungsstelle im Resonatorkreis fallen ließ. Daß es das Licht war, zeigte das Ausbleiben der Wirkung, also das Aufhören der Resonatorfünkchen, sobald er das Licht der Primärfunken durch einen undurchsichtigen Schirm abblendete, und daß es das ultraviolette war, folgte daraus, daß eine Glasplatte gleichfalls die Wirkung vernichtete. Versuche mit einer gewöhnlichen Induktorfunkenstrecke und einer Bogenlampe ergaben dies noch deutlicher. E. Wiedemann und H. Ebert fanden, daß die Wirkung des Lichts auf die Kathode beschränkt ist. Hertz interpretierte zunächst diese Wirkung als eine Herabsetzung des Entladungspotentials durch die Belichtung, eine Meinung, welche auch von anderer Seite irrtümlicherweise immer noch aufrecht erhalten wird, obwohl bereits von Hertz selbst in einer späteren Arbeit auf eine andere Auffassung der Erscheinung hingedeutet worden ist, welche einen Einfluß der Belichtung auf die zeitlichen Verhältnisse der Entladung als bestehend ansieht. Erst eine Reihe von Jahren später hat Warburg die Richtigkeit dieser Auffassung bewiesen und ihr eine präzise Form gegeben. Er wies nach, daß das Entladungspotential durch die Einwirkung des Lichts garnicht erniedrigt wird, die Wirkung des Lichts vielmehr lediglich in einem Aufheben der Verzögerung besteht. Gleichzeitig ist in den Warburgschen Arbeiten eine andere Streitfrage erledigt worden, welche einerseits von Jaumann und Swyngedauw, auf der anderen Seite in der Mehrzahl der übrigen auf dem Gebiet der Funkenentladung erschienenen Arbeiten verfochten worden ist. Es sei gleich vorweg bemerkt, zu Ungunsten der ersteren. Gegenüber der allgemein vertretenen Anschauung, daß für die Entladung an einer unter bestimmten äußeren Bedingungen gegebenen Funkenstrecke nur die Potentialdifferenz V zwischen den Elektroden maßgebend sei, glaubte Jaumann aus gewissen Versuchen schließen zu müssen, daß nicht nur diese, sondern auch ihre zeitliche Änderung dV/dt in Betracht käme, daß also nicht allein die Potentialdifferenz, sondern auch die Art und Weise ihrer Entstehung, ob schnell oder langsam, ein wesentlicher Faktor bei der Entladung sei. Und zwar stellte Jaumann direkt den Satz auf, nicht V hätte bei Eintritt der Entladung einen bestimmten Wert, sondern das Produkt $V \cdot dV/dt$. Diese These rief lebhaften Widerspruch in der Literatur hervor. Heydweiller, Wesendonck, Freyberg, Precht, Lehmann betonten die Konstanz des Entladungspotentials gegenüber der von Jaumann behaupteten Inkonstanz.

In einer zweiten Arbeit auf diese Einwände antwortend, sucht Jaumann die Richtigkeit seiner Anschauung aufrecht zu erhalten. Die Versuche ermangeln aber, wie wir gleich sehen werden, der Beweiskraft. Jaumann sagt, die geringsten schnellen Potentialschwankungen erniedrigten das Entladungspotential. Da solche bei dem Aufladen der Elektroden einer Funkenstrecke mittels einer Influenzmaschine aber nie vollständig zu vermeiden seien, so sei es nötig, eine andere Methode der allmählichen Potentialsteigerung anzuwenden. Als eine solche benutzt er die Aufladung eines mit den Kugeln des Funkenmikrometers verbundenen Plattenkondensators bei geringem Plattenabstand und darauf folgende langsame Entfernung der Platten. So findet er in der Tat bei dieser Versuchsanordnung beträchtlich höhere Entladungspotentiale als beim Aufladen der Kugeln mit der Influenzmaschine. Referent möchte hier eine der Jaumannschen Versuchsreihen anführen, um an ihr die wohl richtige Erklärung derselben zu geben. Jede andere der diesbezüglichen Versuchsreihen zeigt dasselbe in gleicher Weise. Bei einer Funkenstrecke von 3 *mm* findet Jaumann folgende Entladungspotentiale in absoluten elektrostatischen Einheiten:

Mit Kondensator	Mit Influenzmaschine
43,3	38,1
52,3	38,1
40,5	38,1
	38,4
	38,1

Was bei erster Betrachtung einer solchen Versuchsreihe in die Augen springt und auch Jaumann hätte auffallen sollen, ist die unvergleichlich bessere Konstanz der mit Benutzung der Influenzmaschine erhaltenen Potentiale. Es zeigt dies, daß die anderen Versuche durch eine bedeutende Verspätung gefälscht sind, welche bei den Versuchen der rechten Kolumne nicht bestand, weil sie höchstwahrscheinlich durch das Licht oder sonstige Wirkungen der Spitzenausströmungen der Maschine aufgehoben war. Dem richtigen Entladungspotential mit Kondensator am nächsten kommen wird dann die niedrigste Zahl der linken Kolumne, und diese ist nun fast identisch mit den Zahlen der rechten. Der von Jaumann betonte Unterschied wäre demnach nicht vorhanden.

Dies ist in unwiderleglicher Weise auch durch die Arbeiten Warburgs erwiesen worden. Das Endresultat derselben kann man in folgenden zwei Sätzen aussprechen:

I. Das ultraviolette Licht erniedrigt nicht das Entladungspotential, sondern hebt nur die Verzögerung auf.

II. Potentialschwankungen sind auf die Größe der zur Entladung nötigen Potentialdifferenz ohne Einfluß. Es ist vollständig gleichgültig für den Eintritt der Entladung, ob das Potential schnell oder langsam angelegt wird. Nur muß hierbei selbstverständlich die Verzögerung der Entladung durch Belichtung aufgehoben sein.

Der einzige, welcher bezüglich Punkt I an der ursprünglichen Hertzschen Auffassung, bezüglich Punkt II an derjenigen Jaumanns festhielt und dementsprechend weiter die Unterscheidung zwischen dem „statischen" und dem „dynamischen" Entladungspotential, d. h. den Entladungspotentialen, welche man bei langsamer und bei plötzlicher Spannungsänderung mißt, beibehielt, war Swyngedauw, welcher in mehreren polemischen Veröffentlichungen Warburgs Ansichten, wenn auch vergeblich, bekämpft hat.

Die Resultate der ersten Warburgschen Arbeit kann man kurz dahin zusammenfassen:

Bei *langsamem* Ansteigen der Potentialdifferenz *findet im Dunkeln wie im Licht bei dem gleichen Wert der Potentialdifferenz Entladung statt.* Sehr geringe Unterschiede, welche sich bei Bestrahlung der Funkenstrecke mit Bogenlicht noch zeigen, sind mit größter Wahrscheinlichkeit auf Erwärmung des Gases oder auf eine im Dunkeln immer noch vorhandene Verspätung der Entladung zurückzuführen. Bei den Versuchen im Dunkeln muß man manchmal mehrere Minuten warten, bis Entladung eintritt. Bei *plötzlichem* Anlegen der Potentialdifferenz *für ganz kurze Zeit* (einige tausendstel Sekunden mittels eines besonderen Apparats) findet im Dunkeln Entladung erst bei sehr hohen Potentialdifferenzen statt, welche sehr inkonstant sind und die bei Belichtung erhaltenen Entladungspotentiale um ein Vielfaches übertreffen können. Bei Belichtung findet man vollständig konstante Werte des Entladungspotentials, indem ganz regelmäßig bei dem gleichen Wert der Potentialdifferenz Entladung eintritt. Dieser Wert ist *gleich* oder bei manchen Versuchsanordnungen etwas *kleiner* als der unter Belichtung bei langsamer Potentialsteigerung erhaltene Wert des Entladungspotentials.

Swyngedauw sieht in diesen Versuchen nur eine Bestätigung seines Satzes: Das ultraviolette Licht hat die Wirkung, das statische Entladungspotential wenig, das dynamische viel zu erniedrigen, eines Satzes, den er auch anders so formuliert: Licht erniedrigt die Entladungspotentialdifferenz, und zwar umsomehr, je schneller die Potentialänderungen sind. Darin hat er ja in gewissem Sinne recht, *scheinbar* hat das Licht diesen Einfluß. Indessen ist diese Interpretation keine Erklärung, sondern nur eine Formulierung dessen, was man auf den ersten Augenblick bei solchen Versuchen sieht. Erst Warburgs Erklärung trifft den Kern der Sache. Alle Unterschiede zwischen statischem und dynamischem Potential verschwinden mit Verschwinden der Verzögerung durch Belichtung der Funkenstrecke. Ob das Potential schnell oder langsam angelegt wird, immer tritt Entladung bei gleicher Potentialdifferenz ein, sobald nur belichtet wird.

Damit wäre jeder Meinungsunterschied erledigt, wenn nicht, wie oben bemerkt, auch bei manchen Versuchsanordnungen sich zeigte, daß das unter Belichtung und schneller Potentialänderung erhaltene Entladungspotential etwas *kleiner* ist als das unter gleichen

äußeren Bedingungen bei langsamem Aufladen erhaltene. Dies sieht auf den ersten Blick so aus, als ob die durch Jaumann-Swyngedauw vertretene Auffassung doch noch in gewisser Weise zu Recht bestände, wenn auch nicht in dem von ihnen beanspruchten Maße.

Indessen auch dieser Punkt ist von Seiten Warburgs völlig aufgeklärt worden, indem er den Nachweis erbrachte, daß dieses Tieferliegen des Entladungspotentials nur ein scheinbares ist; tatsächlich wird im Fall des Eintretens der Entladung stets das wirkliche, dem bei langsamer Potentialänderung gleiche Entladungspotential erreicht. Die Einrichtung für die Entladungsversuche bei plötzlichem Anlegen der Potentialdifferenz ist folgende: Ein kleiner Kondensator wird bis zu einer gewissen Potentialdifferenz der Belegungen aufgeladen, dann werden mittels eines Momentankontakts dieselben plötzlich mit den Kugeln des Funkenmikrometers verbunden. Warburg zeigte, daß, wenn dies geschieht, elektrische Schwingungen auftreten, ähnlich wie sie entstehen, wenn man die Belegungen eines kleinen Kondensators plötzlich mit denen einer geladenen Leydener Flasche verbindet. Man kann rechnerisch leicht zeigen, daß, wenn die Kapazität des kleinen Kondensators sehr gering im Verhältnis zu derjenigen der Leydener Flasche ist, das Potential, auf welches sich der Kondensator aufladet, sinusförmig hin und her pendelt zwischen dem Anfangspotential (Null, wenn ungeladen) und dem doppelten Potential der großen Flasche. Der Vorgang ist ganz analog dem Ausgleich einer Niveaudifferenz zwischen einem sehr weiten und einem mit ihm kommunizierenden engen, mit Wasser gefüllten Rohr. Auch hier steigt das Wasser im engen Rohr vorübergehend auf fast die doppelte Wasserhöhe des weiten Rohrs. Ebenso wie man dies verhindern kann dadurch, daß man die Flüssigkeit etwa durch Einschalten eines engen Rohres einen großen Widerstand überwinden läßt, so kann man das Höhersteigen des Potentials an der Funkenelektrode verhindern dadurch, daß man einen das Eintreten von Schwingungen verhindernden, induktionslosen Widerstand einschaltet. Als Warburg dies tat, fand er denn auch, daß bei Belichtung jetzt nie mehr das Entladungspotential bei plötzlichem Anlegen der Potentialdifferenz kleiner ausfiel als bei langsamem Aufladen, sondern daß stets bei der gleichen Potentialdifferenz der Kugeln Entladung eintritt, mag dieselbe schnell oder langsam entstehen. Ein Unterschied zwischen statischem und dynamischem Entladungspotential besteht somit nicht. Da ferner die früheren Versuche zeigen, daß das statische Entladungspotential nicht vom Licht herabgesetzt wird, so ist auch bei schnellem Anlegen keine Erniedrigung vorhanden. Die einzige Wirkung des ultravioletten Lichtes ist vielmehr lediglich die Aufhebung der Verzögerung. Sobald statt des induktionslosen Widerstandes eine Induktionsspule von geringem Widerstand eingeschaltet und das Zustandekommen der Schwingungen begünstigt wurde, trat sofort die scheinbare Erniedrigung der zur Entladung nötigen Potentialdifferenz ein.

Aus der Größe der Selbstinduktion der Verbindungsleitungen, der Kapazität der Leydener Flaschen und des Widerstandes kann man die Schwingungsdauer der eintretenden Oszillationen sowie den Maximalwert des Potentials berechnen, auf welches sich die kleine Flasche aufladet. Warburg tat dies und fand, daß dies so berechnete Maximalpotential immer größer ist, als das bei langsamem Aufladen erhaltene Entladungspotential. Er schloß daraus auf ein Vorhandensein eines Restes von Verzögerung; das Licht müßte demnach die Verzögerung nicht ganz aufgehoben haben. Auf seine Anregung wurde dieser Punkt von K. E. Guthe einer Untersuchung unterzogen. Dieser fand die Differenz dieser beiden Potentiale als ziemlich unabhängig von der Oszillationsdauer, was er durch Variieren der Selbstinduktion bewies. Höchstwahrscheinlich ist, wie Guthe angibt, diese Differenz in Wirklichkeit nicht vorhanden, man erhält sie nur deshalb, weil man die Berechnung des Maximalpotentials nicht einfach nach der Theorie der Kondensatorschwingungen vornehmen kann. Die Schwingungen werden nämlich bereits ausgelöst, bevor die Feder des Momentankontaktes eigentlichen, widerstandslosen Kontakt gibt, da bereits vorher ein Funke den Ausgleich der Elektrizität einleitet.

Als Folgerung aus diesen wichtigen Arbeiten ist zu entnehmen, daß die Bestimmung richtiger Entladungspotentiale nur unter Belichtung der Funkenstrecke mit ultraviolettem

Licht erfolgen darf. Dieselbe Wirkung wie ultraviolettes Licht besitzen auch die Röntgen-Strahlen, sowie die Becquerel-Strahlen. Die Belichtung der Funkenstrecke ist die oben erwähnte Vorsichtsmaßregel, welche bei den genausten bisher vorliegenden Messungen von Entladungspotentialen, die A. Orgler, ein Schüler Warburgs, auf dessen Anregung ausgeführt hat, angewendet wurde.

Einige seiner Zahlen seien hier angegeben:

Kugelradius 1,25 *cm*. Entladungspotentiale in Luft, Kohlensäure, Wasserstoff von 75 *cm* Druck in absoluten, elektrostatischen Einheiten.

	Schlagweite 0,1 *cm*	Schlagweite 0,5 *cm*
Luft	15,22	58,18
CO_2	14,54	52,44
H	9,22	32,86

Die Versuche Orglers, wie auch alle anderen Messungen von Funkenpotentialen, welche im physikalischen Institut der Universität Berlin seit der Zeit ausgeführt worden sind (u. a. demnächst zu publizierende Versuche von Hrn. Ritter), haben übereinstimmend gezeigt, daß für eine gegebene Funkenstrecke in einem bestimmten Gas von bestimmtem Druck das Entladungspotential einen bestimmten, völlig konstanten Wert hat, unabhängig von *allen* sonstigen Bedingungen, sobald nur die Funkenstrecke belichtet wird.

Durch die Messungen Orglers hat der Begriff der *elektrischen Festigkeit* eine erhöhte Bedeutung gewonnen.

Die Definition, welche oben erwähnt wurde, rührt von Maxwell her. Nach ihm ist sie definiert als die Intensität des elektrischen Feldes, welchem das Gas nicht mehr standzuhalten vermag. Bei großen Kugeln und geringem Abstand derselben ist der Quotient V/δ aus Entladungspotential und zugehöriger Schlagweite damit identisch. Die Orglerschen, ebenso wie auch die alten Zahlen, zeigen indessen, daß dieser Quotient keine Konstante ist, sondern mit abnehmender Schlagweite stark zunimmt. Baille, wie auch Paschen verließen daher diese Definition der Festigkeit und führten eine andere, relative ein, indem sie mit relativer Festigkeit eines Gases bezogen auf Luft den Quotienten aus den Entladungspotentialen derselben Funkenstrecke unter sonst gleichen Bedingungen im Gas und in Luft bezeichnen. Aber auch dieser Quotient erweist sich als nicht konstant, sondern mit abnehmender Schlagweite wachsend. Für Kohlensäure ist z. B. der Quotient bei großer Schlagweite kleiner als 1, bei kleiner Schlagweite größer als 1. Ebenso ist der Quotient für verschiedene Drucke nicht konstant, sondern nimmt für Kohlensäure, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff mit wachsendem Druck ab, nähert sich dabei aber einem konstanten Grenzwert. Orgler berechnet die spezifische Festigkeit daher etwas anders und erlangt dabei Konstanz der Werte, sodaß die von ihm angegebene Festigkeit als eine für das Gas charakteristische Konstante angesehen werden kann. Er geht hierbei aus von dem Umstand, daß die Kurven, welche die Abhängigkeit des Entladungspotentials von der Schlagweite geben, nicht auf den Nullpunkt hinzielen. Es würde dies bedeuten, daß für eine unendlich kleine Schlagweite noch eine endliche Potentialdifferenz nötig ist, um Funken zu erzeugen, daß also eine Art Übergangswiderstand existiert, welcher den Übergang der Elektrizität von Elektrode zum Gas erschwert. Dies entspricht ganz dem Bericht von J. J. Thomson in § 65 seines Buches *„Recent Researches on Electricity and Magnetism“* über Versuche von Peace. Derselbe konnte, wenn er eine in Luft befindliche Funkenstrecke immer kleiner und kleiner machte, nie Funken erhalten, sobald die Potentialdifferenz unter 300 Volt sank. Für einen Übergang der Elektrizität durch eine unendlich dünne Gasschicht ist also eine endliche Spannung erforderlich. Die für eine unendlich kleine Elektrodendistanz nach Baille, Paschen berechnete elektrische Festigkeit würde den Wert unendlich ergeben. Das Funkenpotential A in einem Gas besteht, wie aus eben Gesagtem hervorgeht, aus zwei Teilen, demjenigen (a), der den

Gaswiderstand überwindet, und demjenigen (α), der den Übergangswiderstand überwindet. Es ist in einem beliebigen Gase also

$$A = a + \alpha.$$

In Luft sei analog

$$B = b + \beta.$$

Dann ist $a/b = k$ offenbar der Quotient, den man in dem Sinne von Baille und Paschen als elektrische Festigkeit des Gases bezogen auf Luft zu nehmen hat. Es ist also

$$k = \frac{a}{b} = \frac{A-\alpha}{B-\beta} \qquad \text{oder} \qquad k(B-\beta) = A - \alpha;$$

α und β sind als Übergangswiderstände an der Elektrodenoberfläche offenbar unabhängig von der Schlagweite δ. Nimmt man auch die Festigkeit k als unabhängig an, so folgt

$$k\frac{dB}{d\delta} = \frac{dA}{d\delta} \qquad k = \frac{\frac{dA}{d\delta}}{\frac{dB}{d\delta}} = \frac{A_2 - A_1}{B_2 - B_1},$$

wo $A_1 A_2$, $B_1 B_2$ die für zwei Abstände $\delta_1 \delta_2$ der Elektroden gemessenen Entladungspotentiale im Gas bezw. in Luft sind. Diesen Quotienten findet nun Orgler in weiten Grenzen von Schlagweite (0,04 bis 0,5 *cm*) und Gasdruck (75 bis 4 *cm*) unabhängig. Die von ihm gefundenen spezifischen Festigkeiten k für einige Gase sind:

Luft	1
Wasserstoff	0,563
Kohlensäure	0,888
Sauerstoff	0,888
Stickstoff	1,050.

Es erklärt sich auch leicht die oben erwähnte Wolffsche Angabe, daß A/B für hohe Drucke sich einem konstanten Grenzwert nähert. Es kommen, je höher der Druck ist, um so weniger α und β gegen a und b in Betracht, sodaß schließlich $\frac{a}{b} = \frac{A}{B}$ wird.

Es ist nicht unmöglich, daß die zur Überwindung des Übergangswiderstandes in verschiedenen Gasen nötigen Potentialdifferenzen α, β ihrer Natur nach identisch sind mit der Summe aus Kathoden- und Anodengefälle bei der bei geringeren Drucken auftretenden Glimmentladung.

Eine Ähnlichkeit im Verhalten der Glimm- und der Funkenentladung haben Peace und nach ihm R. J. Strutt gefunden. Sie beobachteten, daß das Funkenpotential zwischen zwei parallelen Platten mit Abnahme des Druckes erst abnimmt, ein Minimum erreicht, dann wieder zunimmt. Der Druck, bei welchem dies Minimum erreicht wird, ist um so kleiner, je größer der Abstand der Elektroden ist. Die Größe des Minimalpotentials ist dagegen vom Elektrodenabstand und vom Gasdruck fast unabhängig und, worauf J. J. Thomson (*Recent Researches, S. 158.*) zuerst aufmerksam machte, gleich dem Kathodengefälle bei der Glimmentladung in dem entsprechenden Gase. Bei der Glimmentladung in einem gewöhnlichen Entladungsrohr mit größerem Elektrodenabstand findet ein ähnlicher Verlauf der für die Entladung notwendigen Gesamt-Potentialdifferenz mit veränderlichem Druck statt, nämlich bei allmählichem Auspumpen der Röhre erst eine Abnahme, dann eine Zunahme derselben. Die Gesamtpotentialdifferenz teilt sich im wesentlichen in drei Teile, das Kathodengefälle, welches den Hauptteil bildet, das Anodengefälle, sowie das Gefälle im positiven Licht. Die Gefälle im Faradayschen dunklen Raum, sowie in dem vom negativen Glimmlicht erfüllten Teil sind sehr gering. Mit abnehmendem Gasdruck nehmen das Anodengefälle, sowie das Gefälle im positiven Licht ab, während das Kathodengefälle zunächst konstant bleibt; daher nimmt die Gesamtpotentialdifferenz ab. Dies findet so lange statt, bis die Kathode ganz mit Glimmlicht bedeckt ist oder bis sonst irgendwie das negative Glimmlicht an seiner natürlichen Ausdehnung gehindert wird. Von diesem Augenblick an steigt

die Entladungspotentialdifferenz stark an. Bei sehr kleinen Elektrodenabständen findet dies Ansteigen von dem Moment an statt, wo das negative Glimmlicht den ganzen Raum zwischen den Elektroden ausfüllt, wobei das positive Licht sich ganz zurückgezogen hat. Im Glimmlicht ist der Gradient sehr klein, daher besteht im Moment des Wiederansteigens der Entladungspotentialdifferenz dieselbe nur aus Kathoden- und Anodengefälle. Letzteres steht aber nach den bisher allerdings nur bei kleineren Drucken gemachten Messungen an Größe hinter dem Gefälle an der Kathode weit zurück. Bei wachsendem Druck dehnt sich das positive Licht immer mehr und mehr nach der Kathode zu aus, dicht vor ihr frei endigend und sich daher im Aussehen immer mehr dem Funken nähernd. Im positiven Licht ist das Gefälle ein relativ hohes und nimmt mit wachsendem Druck zu, daher kommt das Ansteigen auf der anderen Seite des Minimums. Rücken die Elektroden unendlich nahe aneinander, so fällt jeglicher Widerstand der Gasstrecke natürlich fort, und es bleiben nur noch das Kathoden- und Anodengefälle als Bestandteile des Entladungspotentials bestehen.

Es ist übrigens, wie hierbei bemerkt werden mag, meist kaum möglich, einen bestimmten Übergang von der Glimm- in die Funken-Entladung zu erkennen. Das von Peace-Strutt beobachtete Minimum liegt bei Drucken, wo die Entladung vielleicht überhaupt schon Glimmentladung war. Bei einem Elektrodenabstand von 0,001 *cm* betrug der zum Potentialminimum in Luft gehörige Druck nach Peace etwa 16 *cm*, bei einem Abstand von 0,755 *mm* nach Strutt etwa 7 *mm*. Falls aber wirklich nicht mehr eigentliche Funkenentladung stattfand, so liegt in dem erwähnten Resultat nichts sonderbares, sondern es ist dasselbe vielmehr aus den bekannten Untersuchungen über die Potentialgradienten bei der Glimmentladung in der oben dargelegten Weise vorauszusehen.

Zum Schluß seien noch einige Bemerkungen über die Vorstellungen, welche man sich vom Mechanismus der Funkenentladung gebildet hat, hinzugefügt. Wenn die Intensität des elektrischen Feldes einen gewissen Wert erlangt, so zerreißt das Dielektrikum, es wird zu einem guten elektrischen Leiter, indem es der Elektrizität den Durchgang gestattet. Die Frage, unter welchen Bedingungen und in welcher Weise Gase imstande sind, Elektrizität zu leiten, ist zum Gegenstand vielfacher Untersuchungen gemacht worden. Eine sehr anschauliche Darstellung dieser Art von Erscheinungen gibt die wohl zuerst von Giese aufgestellte, dann aber besonders in England von J. J. Thomson und seinen Schülern weiter ausgearbeitete, der Theorie der Elektrizitätsleitung in elektrolytischen Flüssigkeiten verwandte Ionentheorie der Gase. Die Grundhypothese, auf welcher sie aufgebaut ist, ist die, daß in einem die Elektrizität leitenden Gase, z. B. in einer von Röntgen- oder Becquerel-Strahlen durchsetzten Gasschicht, die Gasteilchen teilweise in positiv und negativ geladene Teilchen, die Gasionen, gespalten, d. h. dissoziiert werden. Sobald man zwischen zwei die Schicht begrenzenden Metallplatten eine Potentialdifferenz entstehen läßt, fangen diese Teilchen an, sich in dem elektrischen Felde zu bewegen. Bei dem Auftreffen auf die Metallplatten geben sie ihre Elektrizität ab und geben so Veranlassung zu einem meßbaren elektrischen Strom, welcher so lange anhält, als neue Ionen erzeugt werden.

Um das Auftreten des starken elektrischen Stromes bei der Funkenentladung zu verstehen, wurde von J. J. Thomson eine zweite Hypothese hinzugefügt, nämlich die, daß die bewegten Ionen bei einer gewissen Grenzgeschwindigkeit imstande sind, durch Anprall an benachbarte Gasteilchen diese ihrerseits zu dissoziieren. Erst nachdem ein Teilchen eine ganz bestimmte Geschwindigkeit, welche in verschiedenen Gasen verschieden groß sein kann, erlangt hat, ist es vermöge seiner kinetischen Energie imstande, dissoziierend zu wirken. Die von ihm neu erzeugten Ionen erhalten sofort in dem großen elektrischen Felde, welches dem erzeugenden Ion die nötige Geschwindigkeit gab, dieselbe Bewegungsgröße und erzeugen durch Stoß ihrerseits wieder neue Ionen; und so geht dies fort, die Zahl der erzeugten Ionen muß lawinengleich anwachsen und mit ihr der elektrische Strom schnell einen Wert erreichen, wie er die große Stromstärke der Funkenentladung zu erklären vermag. Nötig ist hierbei aber, daß von Anfang an einige Ionen vorhanden sind. Denn nur dann können durch deren Stoß neue erzeugt werden. Dies ist aber nach den Untersuchungen von Linss

und Elster und Geitel stets der Fall. Nach ihnen besitzt die gewöhnliche Luft immer Spuren von Leitfähigkeit, also im Sinne der Theorie auch Ionen. Je weniger davon vorhanden sind, desto länger muß es dauern, bis die Stromstärke der Funkenentladung eintritt, weil ja die wenigen Ionen sich selbst erst neue schaffen müssen. Dies erklärt die manchmal lange Dauer bis zum Eintritt der Entladung, d. h. die Verspätung, sowie auch deren Aufhebung durch Mittel, welche das Gas erfahrungsgemäß ionisieren, wie ultraviolettes Licht (Hertz, Warburg), Röntgen-Strahlen (Starke), Becquerel-Strahlen (Elster und Geitel), Flammen und glühende Körper (nach eigenen, unveröffentlichten Versuchen des Referenten). Das ultraviolette Licht wirkt nur, wenn es auf die Kathode trifft, weil bekanntlich nur in diesem Fall das Gas die Leitung erhält, welche unter dem Namen des Hallwachs-Effektes bekannt ist.

In der Verzögerungsperiode muß nach dieser Anschauung also bereits als Vorbote der eigentlichen plötzlichen Entladung ein elektrischer Strom fließen. Derselbe ist, wie bereits erwähnt, so schwach, daß er direkt nicht nachgewiesen werden kann. Indessen ist seine Existenz durch Versuche von Warburg, welcher einen deutlichen Einfluß eines starken Magnetfeldes auf die Verzögerung wenigstens bei höheren Drucken konstatierte, zum mindesten höchst wahrscheinlich gemacht worden. Die genannte Wirkung des Magnetfeldes trat ganz regelmäßig in der Weise ein, daß die Dauer der Verzögerungsperiode vergrößert oder verkleinert wurde, je nachdem die Richtung des Feldes derart war, daß der vermutete schwache Entladungsstrom gehindert oder gefördert wurde. *H. Starke.*

Über Oszillographen.

Von A. Blondel. *Journ. de phys.* **1.** *S. 273. 1902.*

Blondel berichtet in diesem Aufsatz über neuere Arbeiten an seinen Oszillographen (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 239. 1901*). Wesentliche Änderungen und Verbesserungen sind nicht zu verzeichnen; z. T. beziehen sie sich lediglich auf die Art der Projektion und Zerlegung des Lichtstreifens und können an dieser Stelle übergangen werden.

Es werden folgende Typen aufgezählt:

a) technischer Oszillograph mit Eisennadel und permanentem Magnet, für Ströme von 0,1 Amp. und Spannungen von 25 Volt an aufwärts. Eigenperiode 6000 bis 10000 pro Sekunde. Empfindlichkeit 50 bis 100 *mm* für 1 Amp. bei 1 *m* Skalenabstand;

b) bifilarer Oszillograph mit permanentem Magnet und derselben Eigenperiode wie a); Empfindlichkeit 100 bis 200 *mm* für 1 Amp. bei 1 *m* Skalenabstand;

c) bifilarer Oszillograph für das Laboratorium mit Elektromagnet; Eigenperiode 10000 pro Sekunde; Empfindlichkeit 800 bis 1200 *mm* für 1 Ampere bei 1 *m* Skalenabstand; oder Eigenperiode 2500, Empfindlichkeit 15 bis 20 *mm* für 0,001 Amp.

Der zweite Teil der Arbeit enthält eine ausführliche, größtenteils bekannte Theorie der Oszillographen; dabei sind die bifilaren Apparate eingehender, als in früheren Arbeiten behandelt. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

A. v. Waltenhofen, Die internationalen absoluten Maße, insbesondere die elektrischen Maße. 3., zugleich als Einleitung in die Elektrotechnik bearb. Auflage. gr. 8°. XI, 306 S. m. 42 Fig. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1902. 8,00 M.; geb. 9,00 M.

Das Buch, welches gegenüber der vorigen Auflage erheblich an Umfang zugenommen hat, ist, wie das Titelblatt besagt, für Studierende der Elektrotechnik bestimmt. Es kann aber leider als solches nicht empfohlen werden, weil es auf einem veralteten Standpunkt steht; die wichtigsten Errungenschaften der Meßtechnik in den letzten Jahrzehnten sind unberücksichtigt geblieben. Als Beleg dafür mögen einige Beispiele angeführt werden.

S. 62 wird das Ohm gegenüber „der bis jetzt vorherrschend gebrauchten Siemenseinheit“ definiert. Das Wort oder der Begriff „Normalwiderstand“ wird vergebens gesucht. Das ziemlich umfangreiche Kapitel über „Spiegelgalvanometer“ schließt ab mit der Beschreibung des alten Siemensschen Galvanometers mit Glockenmagnet, das „zu den hervorragendsten Mitteln der modernen Meßkunst gehört“. Weder von modernen Nadelgalvanometern, noch von den so überaus wichtigen Deprez-d'Arsonval-Galvanometern ist die Rede. Letzteres Prinzip wird bei Besprechung der Zeigerinstrumente kurz erwähnt und dem gegenüber werden besonders „die ganz vorzüglichen Hitzdrahtgalvanometer“ hervorgehoben.

Neben einer größeren Zahl von Messungen an Daniell-Elementen wird auch das Clark-Element erwähnt; doch tritt die Wichtigkeit des letzteren für das elektrische Meßwesen keineswegs genügend hervor. Zwei für die moderne Meßkunst so fundamentale Apparate wie Kadmiumelement (nach Weston) und Kompensationsapparat werden nicht angeführt. Das Verzeichnis der „Berichtigungen“ ist etwas reichhaltig ausgefallen. *E. O.*

Wechselstromtechnik. Hrsg. v. Prof. Dr. E. Arnold. 1. Bd. gr. 8°. Berlin, J. Springer 1902. Geb. in Leinw.
1. J. L. La Cour, Theorie der Wechselströme u. Transformatoren. XI, 425 S. m. 263 Fig. 1902. 12,00 M.

G. F. Fitzgerald, *Scientific Writings. Collected and edited, with historical introduction, by J. Larmor.* roy. 8°. Mit 1 Porträt. London 1902. Geb. in Leinw. 15,50 M.

J. A. Fleming, *Magnetic and Electric Currents.* 3. Ausg. 8°. 424 S. mit Fig. London 1902. Geb. in Leinw. 5,20 M.

H. M. Macdonald, *Electric Waves.* 8°. 200 S. m. Fig. Cambridge 1902. Geb. in Leinw. 10,40 M.

R. W. Stewart u. **J. Don,** *Matriculation Physics: Heat, Light and Sound.* 8°. 418 S. m. Fig. London 1902. Geb. in Leinw. 4,70 M.

H. Danneel, Spezielle Elektrochemie. Handb. d. Elektrochemie. In etwa 14 Lfgn. 1. Lfg. gr. 8°. S. 1—80. Halle, W. Knapp 1903. 3,00 M.

E. Riecke, Lehrb. d. Physik. 2. Bd. Magnetismus. Elektrizität. Wärme. 2., verb. u. verm. Aufl. gr. 8°. XII, 666 S. m. 319 Fig. Leipzig, Veit & Co. 1902. 13,00 M.; geb. in Leinw. 14,00 M.

O. D. Chwolson, Lehrb. d. Physik. 1. Bd. Einleitg. Mechanik. Einige Meßinstrumente u. Meßmethoden. Die Lehre v. den Gasen, Flüssigkeiten u. festen Körpern. Übers. v. Oberlehr. H. Pflaum. gr. 8°. XX, 791 S. m. 412 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1902. 12,00 M.

A. F. Holleman, Lehrb. d. Chemie. Deutsche Ausg. I. Tl. Organ. Chemie. 2., verb. Aufl. In Gemeinschaft m. dem Verf. bearb. u. hrsg. v. Dr. W. Manchot. gr. 8°. X, 482 S. m. Abbildgn. Leipzig, Veit & Co. 1902. Geb. in Leinw. 10,00 M.

J. A. Serret, Lehrb. d. Differential- u. Integral-Rechnung. Mit Genehmigg. des Verf. deutsch bearb. v. A. Harnack. 2., durchgeseh. Aufl., hrsg. v. G. Bohlmann. III. Bd. 1. Lfg. Differentialgleichgn., hrsg. v. G. Bohlmann u. E. Zermelo. gr. 8°. S. 1—304 m. 10 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1902. 6,00 M.

M. Corsepius, Leitfaden z. Konstruktion v. Dynamomaschinen u. zur Berechnung v. elektr. Leitgn. 3., verm. Aufl. gr. 8°. XIV, 271 S. m. 108 Fig. u. 2 Tab. Berlin, J. Springer 1903. Geb. in Leinw. 5 00 M.

G. Roeßler, Elektromotoren f. Gleichstrom. 2., verb. Aufl. gr. 8°. VIII, 136 S. m. 49 Fig. Berlin, J. Springer 1902. Geb. in Leinw. 4,00 M.

L. Koenigsberger, Hermann v. Helmholtz. 1. Bd. gr. 8°. XII, 375 S. m. 3 Bildnissen. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1902. 8,00 M.; geb. in Leinw. 10,00 M.; in Halbfrz. 12,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **März 1903.** Drittes Heft.

Präzisionsmessungen an kleinen Widerständen in der Thomsonschen Brücke.

Von

W. Jaeger, St. Lindeck und **H. Diesselhorst.**

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

(Fortsetzung von S. 42.)

III. Messungsreihe vom Februar 1902 in Abt. II.

Die in diesem Abschnitt zu beschreibende Meßanordnung wird in Abt. II bei der Prüfung der von Fabrikanten u. s. w. eingesandten Widerstände von kleinem Betrag sowie bei der Auswertung und Kontrolle der dabei benutzten Normale seit etwa 10 Jahren verwendet. Bei der großen Zahl der Messungen, die fortlaufend auf diesem Gebiet in Abt. II zu erledigen sind, kommt es vor allem darauf an, die Einrichtung so zu treffen, daß sich das Resultat möglichst direkt ohne längere Rechnung ergibt, daß also das Korrektionsglied

$$k = \frac{d}{B}\,\frac{\beta}{\alpha+\beta+d}\left(\frac{\alpha}{\beta} - \frac{a}{b}\right)$$

in Formel 1) möglichst nahe gleich Null ist. In der Tat beträgt es bei der getroffenen Anordnung für Widerstände bis zu 0,001 Ohm herab noch nicht 1 Milliontel des zu messenden Widerstandes und braucht demgemäß garnicht berücksichtigt zu werden. Aber auch für noch kleinere Widerstände ist die Größe k, wie zwei ausführliche Beispiele zeigen werden, außerordentlich klein. In den Beispielen ist sie aus den einzelnen Größen berechnet; es bietet sich ferner, wie *S. 71* gezeigt wird, unter Anstellung einer Hülfsmessung (also ähnlich wie im vorigen Abschnitt) auch ein anderer einfacher Weg zur Auswertung von k dar.

Kleinheit des Korrektionsgliedes. Die Kleinheit von k wird dadurch erreicht, daß man in Formel 1) den Klammerausdruck $\frac{\alpha}{\beta} - \frac{a}{b}$ unter Verwendung von sehr genau abgeglichenen Widerständen für α, β und a, b möglichst nahe gleich Null macht. Ferner sucht man auch den Verbindungswiderstand d möglichst klein zu wählen; man ist dabei aber, wie bereits *S. 34* erwähnt, an gewisse, durch die Konstruktion der Apparate bedingte Grenzen gebunden.

Interpolation. Analog dem bei den meisten Präzisionsmessungen üblichen Verfahren wird der Ausschlag Null des Galvanometers auch bei den hier zu beschreibenden Beobachtungen nicht durch Nebenschlüsse u. dgl. wirklich herbeigeführt, sondern es werden die der Ablenkung Null entsprechenden Widerstandsverhältnisse aus Beobachtungen bei kleinem Ausschlag des Galvanometers interpoliert. Die Interpolationsmethode ist nun so beschaffen, daß das *Korrektionsglied durch das Interpolieren*

(*abgesehen von Gröfsen 2. Ordnung*) *nicht beeinflufst wird.* Die Verhältnisse $\frac{\alpha}{\beta}$ und $\frac{a}{b}$ werden nämlich *gleichzeitig und in demselben Sinn* um den *kleinen* prozentischen Betrag ε (z. B. 0,1%) geändert. Daß dabei k sich nicht ändert, ist ohne weiteres aus der obigen Formel ersichtlich.

Der im Galvanometer beim Interpolieren entstehende Ausschlag ist also wie in der gewöhnlichen Wheatstoneschen Brücke der kleinen Änderung ε des Verzweigungsverhältnisses a/b proportional, und es ergibt sich in einfachster Weise derjenige Wert von a/b, der dem Ausschlag Null des Galvanometers entspricht. Bezeichnet man die ursprünglich (vor dem Interpolieren) vorhandenen Verhältnisse durch $\left[\frac{a}{b}\right]$ und $\left[\frac{\alpha}{\beta}\right]$, so nimmt also für die Messungen dieses Abschnitts die Gleichung 1) die Form an

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b} - k, \qquad 5)$$

wo

$$k = \frac{d}{B} \frac{1}{\left[\frac{\alpha}{\beta}\right]+1} \left(\left[\frac{\alpha}{\beta}\right] - \left[\frac{a}{b}\right]\right) \qquad 6)$$

ist[1]). Da d sowie etwaige Zuleitungen gemessen werden und somit, weil man die Werte der einzelnen Büchsen kennt, alle im Korrektionsglied vorkommenden Größen bekannt sind, so läßt sich die Größe k einfach ausrechnen.

Zwei ausführliche Beispiele sollen das Meßverfahren näher erläutern. Das erste behandelt die Vergleichung *nahezu gleicher* Widerstände, nämlich der Widerstände Nr. 1026 und Nr. 700 von 0,0001 Ohm (vgl. Tab. 1, *S. 40*); im zweiten Beispiel wird die Vergleichung von Nr. 1026 mit einem Widerstand von 0,00001 Ohm *im Verhältnis 1:10* beschrieben.

Sämtliche Zweige der Brücke befinden sich in Petroleumbädern, sodaß die Temperatur der Widerstände genau ermittelt werden kann.

Vergleichung zweier nahezu gleicher Widerstände von 0,0001 Ohm.

Die Vergleichung nahezu gleicher Widerstände von kleinem Betrag erfolgt in sehr bequemer Weise mit der früher beschriebenen Verzweigungsbüchse[2]). Die Versuchsanordnung ist fast genau dieselbe, wie sie *a. a. O.* für die Messung höherer Widerstände abgebildet ist. Die Verzweigungsbüchsen der Reichsanstalt enthalten, woran nochmals erinnert sei, zwei gleiche Seitenwiderstände von relativ hohem Betrag (meistens 2×100 oder 2×10 Ohm), zwischen welchen sich ein Interpolationswiderstand befindet, der 0,001 *eines* Seitenwiderstandes beträgt. Die Abgleichung der aus Manganin gefertigten Widerstände kann leicht so exakt ausgeführt werden, daß eine Meßgenauigkeit von 1 Milliontel erreicht wird.

Die Mitte und die Enden des Interpolationswiderstandes stehen mit drei festen Kontaktknöpfen in Verbindung; der mittlere ist mit *2*, die Endkontakte sind mit den Zahlen *1* und *3* bezeichnet (s. Fig. 6). Ein auf den drei Kontaktknöpfen verschiebbarer Gleitkontakt erlaubt, die eine Galvanometerleitung an die Knöpfe *2*, *1* und *3* zu legen. Bei einer Verzweigungsbüchse von 100 Ohm entsprechen also den Stellungen *2*, *1* und *3* des Gleitkontakts die Verzweigungsverhältnisse 100,05 : 100,05;

---

[1]) d kann nämlich gegen $\alpha + \beta$ in Formel 1) im Nenner vernachlässigt werden; ferner ist es ohne Belang, wenn man statt $1 + \alpha/\beta$ den ursprünglichen Wert $1 + [\alpha/\beta]$ setzt.

[2]) K. Feussner u. St. Lindeck, *Wiss. Abh.* **2.** *S. 524. 1895; diese Zeitschr.* **15.** *S. 425. 1895.*

100,1 : 100,0 und 100,0 : 100,1. Bei einer 10 Ohm-Verzweigungsbüchse rückt das Komma eine Stelle nach links.

Die zu vergleichenden Widerstände Nr. 700 und Nr. 1026 sind von O. Wolff in Berlin aus *Manganinguſs* gefertigt; der letztere Widerstand ist in der Reihe der Normale von Abt. II auch mit $0{,}0001_C$ bezeichnet. Ihre Konstruktion ist aus Fig. 5 ersichtlich[1]). Die Widerstandsbüchse kann in Quecksilbernäpfe eingehängt oder es kann der Strom durch Kabel mittels der großen Flügelschrauben zugeführt werden. Die kleinen Klemmen sitzen an den Enden der Potentialleitungen.



Fig. 5.

Fig. 6 zeigt die Meßanordnung. Die Bezeichnungen der einzelnen Zweige sind dieselben wie in der schematischen Fig. 1. Eine Verzweigungsbüchse *V* von 100 Ohm enthält die Zweige *a* und *b*. Die Überbrückung des Verbindungswiderstandes *d* geschieht durch die Verzweigungsbüchse *U* von 10 Ohm (Zweige *α* und *β*). Der Widerstand *d* besteht aus der rechten Stromzuleitung von Nr. 700 und der linken von Nr. 1026, beide von der im Innern der Büchsen gelegenen Stelle aus gerechnet, wo die Stromzuleitung mit dem Potentialdraht zusammentrifft; dazu kommt noch der Widerstand des zur Verbindung dienenden dicken kupfernen Quecksilbernapfes.

Alle derartigen Verbindungs- und Zuleitungswiderstände werden im unmittelbaren Anschluß an die eigentliche Messung, ohne irgend etwas an den Verbindungen zu ändern, nach der Methode des direkten Ausschlags durch Vergleichung mit einem passenden, bekannten Widerstand, etwa von 0,0001 Ohm, auf $^1/_2$ bis 1% genau bestimmt, eine Genauigkeit, die hier vollständig ausreicht.

So wurde z. B. im vorliegenden Fall gefunden, daß die Zuleitungswiderstände, die zu den Widerständen

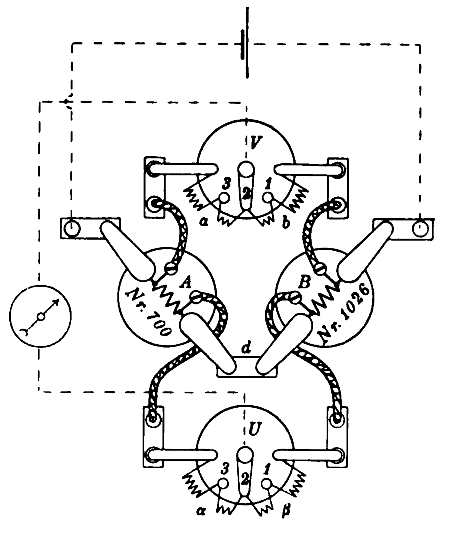


Fig. 6.

[1]) Vgl. auch K. Feussner, *Elektrotechn. Zeitschr.* **16.** *S. 361. 1895.* — Manganinguß wird jetzt von O. Wolff nicht mehr verwendet, da die Justierung sich an Widerstandsblechen leichter ausführen läßt als an Gußkörpern. Betreffs der neueren Wolffschen Form derartiger Widerstände vgl. *diese Zeitschr.* **18.** *S. 19. 1898.*

a	b	α	β	hinzukommen,
177	254	248	321	Mikrohm betrugen.

d ergab sich zu 64 Mikrohm, also etwa gleich $^2/_3$ eines der miteinander zu vergleichenden Widerstände.

Die eigentliche Messung geschieht nun in folgender Weise. Die Stärke des Meßstromes in den zu vergleichenden Widerständen war etwa 150 Amp.; er wurde zwei parallel geschalteten Akkumulatoren-Batterien von je 8 Zellen (Schaltung: 4 Zellen parallel, 2 hinter einander; Entladestromstärke pro Zelle 30 Amp.) entnommen Als Galvanometer diente ein Drehspulengalvanometer von **Siemens & Halske** in Berlin (Spule des Systems mit niedrigem Widerstand, etwa 20 Ohm, ohne Vorschaltwiderstand). Die Entfernung von Spiegel und Skale betrug ungefähr 7 *m*.

Es wird nun bei einer bestimmten Stromrichtung (*I*) das Galvanometer abgelesen, wenn die Gleitkontakte von V und U auf Kontakt *2* stehen (vgl. Fig. 6), dann erfolgt die Ablesung bei kommutiertem Strom (*II*). Hierauf werden bei dieser Stromrichtung die Gleitkontakte in beiden Büchsen V und U *gleichzeitig* in die Stellung *1* und dann in die Stellung *3* gedreht, und jedesmal wird die Galvanometer-Einstellung notiert (Lage V_1 U_1). Die sämtlichen Messungen werden wiederholt, nachdem die Büchsen V und U zur *Eliminierung der Ungleichheit beider Seiten* umgekehrt in ihre Quecksilbernäpfe eingehängt worden sind (Lage V_2 U_2), sodaß also die Widerstände A und B ihre Lage zu a, b und α, β relativ vertauschen.

Nachstehend sind die Ablesungen angegeben.

Vergleichung zweier Widerstände von 0,0001 Ohm mittels der Verzweigungsbüchse.

Zeit	Ruhelage des Galvanometers	Ablesung am Galvanometer bei Einstellung auf Kontakt			Lage			Temperatur	
					des Stromwenders	des Kontakts *1*	von V und U	Th. 18036	Th. 14004
		2	*1*	*3*				Nr. 1026	Nr. 700
22. III. 1902	492,7	497,2			*I*	nach	V_1 U_1		
		487,9	452,5	523,7	*II*	Nr. 1026		18,05	18,03
		+ 9,3	71,2			hin			
	493,1	498,4			*I*	nach	V_2 U_2	18,10	18,09
		488,5	523,9	453,3	*II*	Nr. 700		18,08	18,06
		+ 9,9	70,6			hin			
							Korrektion:	— 2	0
	Mittel	+ 9,6	70,9					18,06	18,06

Berechnung: Der Widerstand Nr. 1026 ist, wie ersichtlich, größer als Nr. 700. Da die Widerstände der Büchsen V und U sehr nahe auf den Sollwert abgeglichen sind und da sie kommutiert werden, können wir für die Berechnung statt der wahren Werte die Sollwerte einführen.

Unter Berücksichtigung der Zuleitungen zur Verzweigungsbüchse V ist in der Stellung auf Kontakt *2* das Verzweigungsverhältnis $a:b = 0{,}999999$; dieser Stellung entspricht ein mittlerer (nicht kommutierter) Ausschlag von 4,8 Skalenteilen und einer Änderung des Verzweigungsverhältnisses um 0,001999 (Differenz zwischen Kontakt *1* und *3*) ein mittlerer Ausschlag von 70,9 Skalenteilen.

Das Verzweigungsverhältnis a/b, das dem Ausschlag Null des Galvanometers entspricht, ist also

$$\frac{a}{b} = 0{,}999999 - \frac{4{,}8}{70{,}9} \cdot 0{,}001999 = 0{,}999864 .$$

Das Korrektionsglied k ist außerordentlich klein: *denn die Bedingung* $\frac{a}{b} = \frac{\alpha}{\beta}$ *wäre* (*wegen des Kommutierens von* V *und* U) streng erfüllt, wenn die sehr geringen Zuleitungswiderstände zu den Büchsen V und U paarweise gleich wären.

Es kann somit sehr summarisch gerechnet werden und es ergibt sich unter Benutzung der oben mitgeteilten Daten nach Formel 6)

$$k = \frac{0{,}000064}{0{,}0001} \cdot \frac{1}{\left(\frac{10}{10}\right) + 1} \left(\frac{10{,}00025}{10{,}00032} - \frac{100{,}0002}{100{,}0003}\right) = 0{,}32\,(-\,0{,}000006) = -\,0{,}000002,$$

also nur 2 Milliontel.

Das Endresultat ist demgemäß nach Formel 5)

$$\text{Nr. } 700 : \text{Nr. } 1026 \text{ bei } 18{,}06^0 = 0{,}999866.$$

Unter Berücksichtigung der Temperaturkoeffizienten der Büchsen ist

$$\text{Nr. } 700 : \text{Nr. } 1026 \text{ bei } 18{,}0^0 = 0{,}999867$$

oder, da der Wert beider Büchsen dem Sollwert sehr nahe kommt,

$$\text{Nr. } 700 - \text{Nr. } 1026 \text{ bei } 18^0 = -\,0{,}0000000133 \text{ Ohm.}$$

Durch Vergleichung mit dem Normal $0{,}001_A$ im Verhältnis 1 : 10 in einer Anordnung, die wir gleich besprechen werden, war am 3. III. 1902 bei 18° C. gefunden worden

$$\text{Nr. } 1026 = 0{,}0001000218 \text{ Ohm} \qquad \text{Nr. } 700 = 0{,}0001000080 \text{ Ohm.}$$

Die direkt beobachtete Differenz ergibt sich also nur um *5 Milliontel* des Wertes anders als die durch zwei Messungen im Verhältnis 1 : 10 ermittelte. Durch eine Ausgleichung der drei Werte erhält man definitiv bei 18° C.

$$\text{Nr. } 1026 = 0{,}0001000216 \text{ Ohm}$$
$$\text{Nr. } 700 = 0{,}0001000082 \text{ „ .}$$

Bei der Prüfung der von auswärts eingesandten kleinen Widerstände in Abt. II kann meistens die vorstehende Meßmethode angewendet werden, da es sich dabei fast ausschließlich um die Messung solcher Widerstände handelt, für welche Normale von dem gleichen Sollwert vorhanden sind.

Vergleichung zweier Widerstände im Verhältnis 1 : 10 (0,00001 Ohm mit 0,0001 Ohm).

Als Beispiel für die Vergleichung zweier ungleicher Widerstände sei eine Messung im Verhältnis 1 : 10 angeführt. Derartige Vergleichungen kommen hauptsächlich bei der Auswertung der Normale selbst vor und sie erfordern, da die Vertauschbarkeit der Zweige wegfällt, sehr genau bekannte Widerstände für a, b und α, β.

Das nachstehende Beispiel betrifft Messungen an einer von O. Wolff gefertigten, der Reichsanstalt gehörigen, älteren Büchse von 0,00001 Ohm (Nr. 712), dem kleinsten Widerstand, der bisher in der Reichsanstalt genau gemessen wurde. Der Apparat, der wie die Büchsen Nr. 1026 und Nr. 700 ebenfalls aus Manganinguß besteht, ist für die Ermittelung sehr hoher Stromstärken eingerichtet; seine Beschreibung findet man in der bereits erwähnten Mitteilung von K. Feussner, *Elektrotechn. Zeitschr. a. a. O.*; die Abgleichung ist nur eine angenäherte, da dem Verfertiger damals die nötigen Einrichtungen zur Justierung eines so kleinen Widerstandes noch nicht zur Verfügung standen.

Umstehende Fig. 7 erläutert die Schaltung. Der im vorigen Beispiel besprochene Widerstand Nr. 1026 von 0,0001 Ohm dient als Normal. Verzweigung und Über-

brückung bilden die Normale 10_A, 100_A (Zweige *a*, *b*) und 10_B, 100_B (Zweige *α*, *β*). Zu *b* und *β* sind Präzisionswiderstandskästen von O. Wolff (Nr. 969 u. 604) parallel geschaltet. Die Zuleitungswiderstände, die zu den vier Büchsen von 10 und 100 Ohm hinzukommen (die Potentialleitungen des Normals Nr. 1026 und diejenigen des zu messenden Widerstandes nebst den die Verbindung herstellenden Kabeln), wurden ebenso wie der Verbindungswiderstand *d* durch direkten Ausschlag gemessen. Es ist zu addieren zu dem Wert der Widerstandsbüchsen in

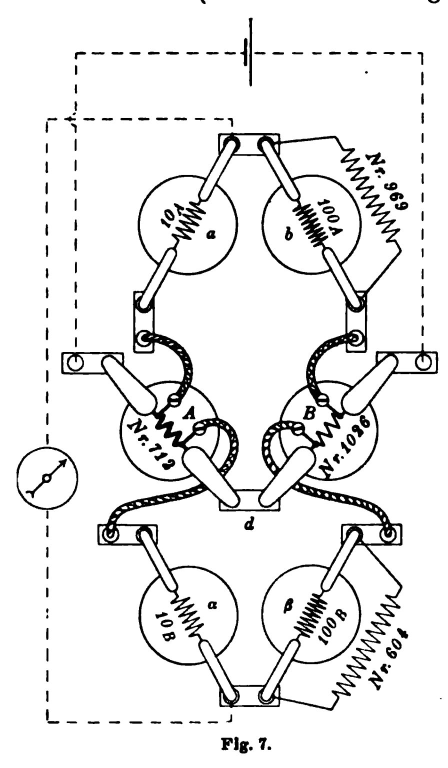


Fig. 7.

a	*b*	*α*	*β*
523	621	321	403 Mikrohm.

Der Widerstand *d* wurde zu 80 Mikrohm ermittelt, ist also *achtmal so groſs als der zu messende Widerstand*, sodaß ein Fehler in der Überbrückung im Resultat von sehr großem Einfluß sein würde. Da der Widerstand von 0,00001 Ohm nur bis auf etwa 1 % richtig abgeglichen ist, so mußten zu den Büchsen 100_A und 100_B von vornherein Widerstände von je 10000 Ohm aus den Widerstandskästen parallel geschaltet werden. Interpoliert wurde, indem man in *beiden Kästen* statt 10000 Ohm 20000 Ohm stöpselte.

Als Galvanometer diente bei diesen Messungen ein Kugel-Panzergalvanometer nach du Bois-Rubens von Siemens & Halske mit 50 Ohm Widerstand (2 Spulen von 100 Ohm parallel); der Skalenabstand war etwa 3 *m*. Die Stromstärke betrug wieder etwa 150 Amp. Die Messungen sind kurz hinter einander von zwei Beobachtern angestellt.

Im folgenden sind die Ablesungen mitgeteilt.

Vergleichung eines Widerstandes von 0,0001 Ohm mit einem solchen von 0,00001 Ohm.

Zeit	Ruhelage des Galvanometers	Ablesung am Galvanometer bei der Schaltung		Stromrichtung	Temperatur (korrigiert)	
					Nr. 1026	Nr. 712
28. VI. 1902		$\{10_A : 100_A // 10\,000$, $10_B : 100_B // 10\,000\}$	$\{10_A : 100_A // 20\,000$, $10_B : 100_B // 20\,000\}$		$20{,}1_5$	$18{,}7_5$
	564	539,9	580,6	*I*		
		588,2	547,2	*II*	Verzweigung:	
		— 48,3	+ 33,4		10_A	100_A
		Wiederholung:			$20{,}0_0$	$20{,}0_0$
	564	539,2	581,4	*I*	Überbrückung:	
		588,0	547,1	*II*	10_B	100_B
		— 48,8	+ 34,3		$19{,}9_5$	$19{,}9_0$
		Mittel — $48{,}5_5$	+ $33{,}8_5$			

Die Berechnung gestaltet sich wie folgt. Unter Berücksichtigung der Werte der sämtlich aus Manganin bestehenden Verzweigungs- und Überbrückungswiderstände,

ihrer Temperaturkoeffizienten und der sich zu den einzelnen Büchsen addierenden geringen Zuleitungswiderstände ergibt sich[1])

Beob. Ausschlag des Galvanometers

$$\frac{10_A + \text{Zul.}}{100_A // 10000 + \text{Zul.}} = \frac{10{,}00091}{99{,}0049} = 0{,}1010143 \qquad -48{,}5_5 \text{ Skalenteile}$$

$$\frac{10_A + \text{Zul.}}{100_A // 20000 + \text{Zul.}} = \frac{10{,}00091}{99{,}4975} = 0{,}1005142 \qquad +33{,}8_5 \quad „$$

Einer Differenz von 0,0005001 entsprechen also 82,4 *mm* Ausschlag.

Das Verzweigungsverhältnis a/b, das dem Ausschlag Null des Galvanometers entspricht, ist also

$$\frac{a}{b} = 0{,}1010143 - \frac{48{,}5_5}{82{,}4} \cdot 0{,}0005001 = 0{,}1007196.$$

Das Korrektionsglied wird wieder, da Überbrückungs- und Verzweigungsverhältnis fast genau einander gleich sind, sehr klein, nämlich

$$k = \frac{0{,}000080}{0{,}0001} \frac{1}{0{,}101 + 1} (0{,}1010133 - 0{,}1010143) = 0{,}73\,(-0{,}0000010) = -0{,}0000007.$$

Geht man von dem oben für das Normal Nr. 1026 bei 18° angegebenen Wert aus, so erhält man schließlich

Nr. 712 bei $18{,}7_5$° C. = 0,0000100742 Ohm.

Derselbe Widerstand war am 25. und 26. VI. im Verhältnis 1 : 2 (unter Benutzung von Normalwiderständen von 10 und 20 Ohm) mit einem Widerstand von 0,00002 Ohm genau verglichen worden, welch letzterer im Verhältnis 1 : 5 an das Normal Nr. 1026 angeschlossen worden war. Um den Temperaturkoeffizienten des Widerstandes von 0,00001 Ohm zu ermitteln, erfolgte die Vergleichung bei verschiedenen Temperaturen des letzteren. Man fand

Datum	Temperatur	Widerstand in Ohm
25. VI. 1902	$18{,}6_4$° C.	0,0000100742
26. „ „	$33{,}5_4$ „	682
„ „ „	$24{,}5_4$ „	718_5
„ „ „	$17{,}8_7$ „	743_5

Als Temperaturkoeffizient ergibt sich aus den Messungen vom 26. VI. für Nr. 712 zwischen 18° und 25°: — 0,000037, zwischen 18° und 34°: — 0,000039.

Wie man sieht, stimmt der im Verhältnis 1 : 10 gemessene Wert mit dem im Verhältnis 1 : 2 erhaltenen vollständig überein.

Andere Methode zur Berücksichtigung des Korrektionsgliedes.

In den beiden vorangehenden Beispielen ist das Korrektionsglied k rechnerisch berücksichtigt worden; zu dem Zweck mußten alle in ihm vorkommenden Größen bekannt sein. Es bietet sich aber noch ein anderer Weg dar, bei dessen Beschreitung, ähnlich wie bei der im Abschnitt II beschriebenen Methode, noch eine Hülfsmessung notwendig wird; andererseits fällt die Messung des Verbindungswiderstandes d weg. Vorausgesetzt wird, daß die Verhältnisse $a : b$ und $\alpha : \beta$ bekannt und voneinander verschieden sind, denn sonst ist ja das Korrektionsglied überhaupt gleich Null.

Zunächst wird die Hauptmessung genau in der in den beiden Beispielen beschriebenen Weise ausgeführt; es wird also der bei Stromschluß eintretende Galvano-

[1]) Es wird hier davon abgesehen, die einzelnen Werte sämtlich mitzuteilen.

meterausschlag und dann dessen Änderung beobachtet, wenn in der *Verzweigung und Überbrückung gleichzeitig* interpoliert wird. Die Hülfsmessung besteht nun einfach darin, daß man die Ablesungen wiederholt, während man *nur das Überbrückungsverhältnis* $\alpha:\beta$ um den kleinen prozentischen Betrag ε, z. B. 0,1 %, abändert. Die Änderung in der Einstellung des Galvanometers ist hierbei der Größe ε proportional. Man kann dann in einfacher Weise berechnen, um wieviel Skalenteile bei der *Hauptmessung* der ursprüngliche Galvanometerausschlag anders ausgefallen wäre, wenn $a:b$ genau gleich $\alpha:\beta$ gewesen wäre. Bringt man diese kleine Korrektion am Ausschlag an, so ist das Korrektionsglied damit berücksichtigt und es wird so gerechnet, als ob man es mit der gewöhnlichen Wheatstoneschen Brücke zu tun hätte. Diese Methode führt, wie wiederholt kontrolliert wurde, innerhalb der durch die Beobachtungsfehler bedingten Grenzen zu demselben Resultat, wie das in den Beispielen dieses Abschnittes befolgte Verfahren.

Die Änderung des *Überbrückungsverhältnisses* um einen bekannten kleinen Betrag und die Beobachtung der entsprechenden Einstellungsdifferenz des Galvanometers ist übrigens wertvoll als *Orientierung* vor Beginn einer genauen Messung. Bei der Vergleichung zweier Widerstände von 0,1 Ohm in der durch Fig. 6 dargestellten Anordnung wird man z. B. finden, daß, trotz großer Empfindlichkeit der Meßanordnung, die Änderung von $\alpha:\beta$ um 0,1 % bei unverändertem $a:b$ gar keine merkliche Einstellungsänderung des Galvanometers zur Folge hat. Man kann dann das Beobachtungsverfahren dadurch vereinfachen, daß man die Überbrückungsbüchse U während der ganzen Messung auf Kontakt 2 in der Lage U_1 stehen läßt, also auch nicht umlegt, da die Ungleichheit der beiden Seiten der Büchse unter Einrechnung der Zuleitungen stets bedeutend kleiner als 0,1 % sein wird. Andererseits zeigt sich bei der Messung sehr kleiner Widerstände, daß eine Änderung von 0,1 % *nur in der Überbrückung* einen viel größeren Ausschlag zur Folge hat, als die *gleichzeitige Änderung von Verzweigung und Überbrückung* um 0,1 %. Man hat dann auf die genaue Kenntnis der Differenz

$$\left(\left[\frac{\alpha}{\beta}\right]-\left[\frac{a}{b}\right]\right)$$

im Korrektionsglied mehr Gewicht zu legen, als auf die Bestimmung des Verhältnisses a/b bei der eigentlichen Messung.

Messungsreihe vom Februar 1902.

Es werde nunmehr auf die in Abteilung II im Jahre 1902 angestellte Messungsreihe eingegangen, soweit sie sich auf die bereits im Abschnitt II besprochenen Normale $0{,}1_A$, $0{,}1_B$, $0{,}01_A$, $0{,}01_B$, $0{,}001_A$, $0{,}001_B$ und ferner die Büchsen von 0,0001 Ohm Nr. 700 und 1026 erstreckt.

Zunächst wurden die beiden Büchsen von 0,1 Ohm, nämlich $0{,}1_A$ und $0{,}1_B$, mittels der Verzweigungsbüchse unter einander verglichen; ferner wurde jede einzelne Büchse im Verhältnis 1 : 10 an das Normal 1_A von 1 Ohm angeschlossen. Da dieses Normal in die jährliche Vergleichung der 1 Ohm-Normale mit einbezogen wird, so ist für die Messungsreihe dieses Abschnittes *dieselbe Einheit* zugrunde gelegt, wie bei den Messungen von Abt. I. Im übrigen sind die beiden Reihen unabhängig voneinander. Eine Änderung des Normals 1_A in der zwischen den beiden Reihen liegenden Zeit von etwa 2 Monaten, selbst nur im Betrage von wenigen Millionteln, kommt nicht in Frage, da es sich um ein älteres Normal handelt, das nachweislich in den letzten Jahren außerordentlich konstant geblieben ist[1]).

[1]) Vgl. z. B. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 117. 1902.*

Das bei den Messungen benutzte Verhältnis 1 : 10 wird dargestellt durch die Normale 1_C und 10_A. Der genaue Wert desselben wurde in der in *dieser Zeitschr. 18. S. 97. 1898* ausführlich geschilderten Weise ermittelt[1]). Für die Normale $0{,}1_A$ und $0{,}1_B$ ergeben sich somit drei Werte, die ausgeglichen werden. Die beiden Büchsen von 0,01 Ohm werden nun in ganz gleicher Weise unter einander verglichen und an den ausgeglichenen Wert von $0{,}1_A$ im Verhältnis 1 : 10 angeschlossen u. s. w. Über die Versuchsanordnung ist nichts mehr zu sagen, da ein Hinweis auf die Schaltungsskizzen der Fig. 6 u. 7 genügt.

Die folgende Tab. 5 enthält eine Zusammenstellung der Ergebnisse der Messungsreihe. Die Zahlen bedeuten die Differenzen der Büchsen von gleichem Sollwert in Millionteln des Wertes einer Büchse bezw. die Abweichung der Büchsen vom Sollwert ebenfalls in Millionteln (wahrer Wert minus Sollwert). Ein Vergleich der direkt beobachteten und der ausgeglichenen Werte (Spalte Δ) zeigt, daß die übrigbleibenden Fehler höchstens 2 Milliontel betragen und für Widerstände von 0,0001 Ohm nicht größer sind als für solche von 0,01 Ohm.

Tab. 5.

Datum	Gemessene Widerstände	Differenzen der Büchsen bezw. Abweichungen vom Sollwert in Millionteln		
		beobachtet	berechnet	Δ beob. — berechn.
26. II. 1902	$0{,}1_A - 0{,}1_B$	− 398	− 398	0
22. „ „	$0{,}1_A$	− 391	− 391	0
22. „ „	$0{,}1_B$	+ 7	+ 7	0
21. II. 1902	$0{,}01_A - 0{,}01_B$	+ 214	+ 215	− 1
22. „ „	$0{,}01_A$	+ 210	+ 208	+ 2
22. „ „	$0{,}01_B$	− 8_5	− 7	− 1_5
21. II. 1902	$0{,}001_A - 0{,}001_B$	− 65_5	− 66	+ 0_5
28. „ „	$0{,}001_A$	− 346	− 345_5	− 0_5
28. „ „	$0{,}001_B$	− 279	− 279_5	+ 0_5
22. III. 1902	Nr. 1026 — Nr. 700	+ 133	+ 134	− 1
3. „ „	Nr. 700	+ 80	+ 82	− 2
3. „ „	Nr. 1026	+ 218	+ 216	+ 2

IV. Zusammenstellung beider Reihen und Vergleichung mit den in früheren Jahren für dieselben Widerstände erhaltenen Werten.

In der folgenden Tab. 6 sind die Ergebnisse der beiden Messungsreihen in Abt. I und Abt. II zusammengestellt.

Tab. 6.

	$0{,}1_A$	$0{,}1_B$	$0{,}01_A$	$0{,}01_B$	$0{,}001_A$	$0{,}001_B$	Nr. 1026	Nr. 700
Abt. I (Dez. 1901)	0,0999610	0,1000004	0,01000215	$0{,}00999999_5$	0,000999653	0,000999718	0,0001000233	0,0001000107
Abt. II (Febr. 1902)	609	007	208	993	654_5	720_5	216	082
Differenz I—II in Millionteln des Wertes	+ 1	− 3	+ 7	+ 6_5	− 1_5	− 2_5	+ 17	+ 25

[1]) Das in Abt. I benutzte Verhältnis [10] : [100], das Mitte Dezember 1901 bei 18° C. gleich $0{,}1\,(1 - 151{,}6 \cdot 10^{-6})$ gefunden worden war (vgl. *S. 40*), wurde zur Kontrolle am 19. II. 02 in Abt. II

Beide Reihen stimmen, wie man sieht, sehr gut überein. Die etwas größere Differenz bei den Büchsen von 0,0001 Ohm rührt jedenfalls daher, daß die Empfindlichkeit in der Reihe von Abt. I bei diesen Messungen geringer war, als bei denjenigen der höheren Widerstände (vgl. *S. 41*).

Die beiden Reihen sind, wie schon betont, unabhängig voneinander, denn die Messungen sind von verschiedenen Beobachtern mit verschiedenen Apparaten ausgeführt, und auch die Meßmethode ist nicht genau die gleiche. Unter diesen Umständen beweist die in Tab. 6 zu Tage tretende Übereinstimmung, daß die *Zurückführung selbst von so kleinen Widerständen wie 100 Mikrohm auf die 1 Ohm-Normale mit einer die Ansprüche der Praxis weit übersteigenden Genauigkeit geschehen kann.* Voraussetzung dabei ist, daß es sich um gut definierte Manganin-Widerstände handelt, in denen die zur Erreichung einer solchen Genauigkeit erforderlichen Meßströme keine beträchtliche Erwärmung hervorrufen. Unter diesen Voraussetzungen wird man sogar noch viel kleinere Widerstände, als sie in Tab. 6 vorkommen, mit ähnlicher Genauigkeit messen können; in der vorliegenden Arbeit ist ein Beispiel hierfür (Messungsergebnisse an dem Widerstand von 10 Mikrohm, *S. 71*) mitgeteilt.

Da die beiden Messungsreihen von Tab. 6 um 2 bis 3 Monate auseinander liegen, so wird schon durch ihre Übereinstimmung der Beweis für die zeitliche Konstanz der gemessenen Widerstände geliefert. Weiteres Material zur Beurteilung dieser Frage ergibt die in den letzten Jahren in Abt. II alljährlich vorgenommene Zurückführung dieser Widerstände auf die 1 Ohm-Normale. In einer früheren Mitteilung[1]) sind für die Widerstände bis 0,001 Ohm abwärts schon einige Zahlen aus den Jahren 1895 bis 1898 enthalten. In Tab. 7 sind dieselben nochmals aufgenommen und die Angaben sind bis auf die Jetztzeit fortgeführt. Ferner finden sich darin Zahlenwerte für die Büchse Nr. 1026. Die Zahlen bedeuten die Abweichungen der einzelnen Büchsen vom Sollwert bei 18° C. zu den verschiedenen Zeiten in *Hunderttausendsteln.*

Tab. 7. Abweichungen der Widerstände bei 18° C. vom Sollwert in Hunderttausendsteln.

Zeit	$0{,}1_A$	$0{,}1_B$	$0{,}01_A$	$0{,}01_B$	$0{,}001_A$	$0{,}001_B$	Zeit	Nr. 1026 ($0{,}0001_C$)
X. 1895	-39_5	-10_5			-39	-35_5		
IV. 1896	-38	-7_5			-37	-36		
VIII. 1896	-38_5	-3			-32_5	-29_5		
XI. 1896			$+26_5$	$+6$			IV. 1898	$+23$
VI. 1897	-37_5	0	$+25$	$+4$	-32_5	-30_5	VII. 1899	$+20$
II. 1898	-38_5	-1	$+23_5$	$+2_5$	-32_5	-29	XI. 1899	$+17$
III. 1899	-38	-1_5	$+21$	-1	-36	-32	VII. 1900	$+17_5$
II. 1900	-36	$+0_5$	$+23$	$+1_5$	-33	-25_5	III. 1901	$+22$
III. 1901	-38_5	$+0_5$	$+23$	$+1$	-32	-25	X.-XI. 1901	$+20_5$
II. 1902	-39	$+0_5$	$+21$	-0_5	-34_5	-28	III. 1902	$+21_5$
II. 1903	-40	$+1_5$	$+20_5$	-1	-34	-28_5	II. 1903	$+21_5$
Änderung in z Jahren	nicht nachweisbar $z = 7^1/_3$	$+12$ $z = 7^1/_3$	-6 $z = 6^1/_4$	-7 $z = 6^1/_4$	$+5$ $z = 7^1/_3$	$+7$ $z = 7^1/_3$		nicht nachweisbar $z = 5$

dreimal mittels des obigen Verhältnisses 1:10 gemessen. Es ergab sich auf 18° umgerechnet im Mittel der Wert $0{,}1\,(1 - 154{,}5 \cdot 10^{-6})$. Die geringe Abweichung von 3 Millionteln kann möglicherweise auf einer zeitlichen Änderung der Büchsen beruhen, da es sich, im Gegensatz zu den übrigen Normalen, um nicht sehr alte Widerstände handelt.

[1]) W. Jaeger u. St. Lindeck, *a. a. O. S. 105.*

Tab. 7 läßt eine sehr befriedigende Konstanz der Widerstände erkennen. Am meisten hat sich $0{,}1_B$ geändert, nämlich um etwa 0,01% in 7 Jahren; doch fällt die Änderung hauptsächlich in die erste Zeit des damals noch relativ neuen Widerstandes.

Die Widerstände von 0,01 Ohm haben um etwa 0,005 % in 6 Jahren abgenommen, diejenigen von 0,001 Ohm ungefähr um denselben Betrag in 7 Jahren zugenommen. Bei den 0,01 Ohm-Büchsen reichen die Angaben zeitlich deshalb nicht soweit zurück, weil das anfänglich in ihnen verwendete dünne Widerstandsblech (etwa 0,1 *mm*) für Normale sich als nicht zulässig erwies. Der Widerstand stieg nämlich in 2 Jahren bei beiden Büchsen allmählich um beinahe 0,1 % an. Es wurde deshalb im Oktober 1896 das dünne Blech durch etwa zehnmal so starkes, entsprechend schmäleres und längeres Blech ersetzt; seitdem ist die Konstanz eine sehr gute. Es sei dahingestellt, welcher Anteil hierbei auf die vermehrte Unempfindlichkeit gegen minimale chemische Angriffe bezw. auf die größere mechanische Festigkeit des Bleches kommt.

Auch bei dem Widerstand Nr. 1026 ist die Konstanz eine recht befriedigende; genauere Messungen an ihm liegen erst seit 5 Jahren vor. Früher wurden zur Prüfung eingesandte Widerstände von 0,0001 Ohm im Verhältnis 1 : 10 mit einem Normal von 0,001 Ohm verglichen. Neuerdings wurden zwei Widerstände von 0,0001 Ohm aus Manganin-*Blech* beschafft ($0{,}0001_A$ und $0{,}0001_B$), die künftig ebenfalls als Normale für diesen Betrag dienen sollen.

Bei der Beurteilung von Tab. 7 ist noch zu beachten, daß die Schwankungen der Zahlen für eine und dieselbe Büchse im Betrage von 0,002 bis 0,003 % nicht notwendig Widerstandsänderungen zu entsprechen brauchen, sondern auf Beobachtungsfehlern im weiteren Sinn beruhen können. Denn würde z. B. das Verhältnis 1 : 10 nur um 0,001 % bei einer Messungsreihe falsch bestimmt, so würde dies bei einem Widerstand von 0,0001 Ohm schon 4 Einheiten in den mitgeteilten Ziffern ausmachen. Nur wenn über längere Zeiträume hin sich ein Gang in den Zahlen bemerkbar macht, der den obigen Betrag übersteigt, wird man von einer Widerstandsänderung reden dürfen.

V. Anhang.

1. Empfindlichkeit der Thomsonschen Brückenanordnung.

Soweit es sich um die Empfindlichkeitsbetrachtung handelt, wollen wir die kleinen Widerstände A und B gegen a, b, α und β, sowie gegen den Widerstand der Hauptstromleitung vernachlässigen. Dann stellt also die Hauptstromstärke J zugleich den Belastungsstrom der Meßwiderstände A und B dar. Wir bezeichnen ferner mit γ den Widerstand des Galvanometerzweiges und mit m das Verhältnis B/A der zu messenden Widerstände, wobei B der größere sei. Nun setzen wir zunächst voraus, die Widerstandsverhältnisse in der Thomsonschen Brücke seien abgeglichen, der Galvanometerzweig also stromlos. Ändert man dann einen der Brückenwiderstände um einen bestimmten Bruchteil ε seines Wertes, so entsteht im Galvanometerzweig ein Strom i. Dieser stellt die Empfindlichkeit der Anordnung einschließlich des benutzten Galvanometers dar, liefert aber nicht ohne weiteres ein Maß für die mit der Thomsonschen Brückenanordnung überhaupt erreichbare Genauigkeit. Denn bei der Auswahl des zur Messung dienenden Galvanometers kommt es darauf an, ob dasselbe in einen Kreis von großem oder kleinem Widerstande einzuschalten ist. Um also die „Empfindlichkeit der Brückenanordnung" zu definieren, müssen wir außer dem Wert von i noch den Widerstand des dafür in Betracht kommenden Stromkreises angeben.

Da bei abgeglichenen Brückenverhältnissen eine in den Galvanometerzweig eingeschaltete elektromotorische Kraft weder in der Hauptstromleitung noch in der Verbindung d einen Strom hervorbringt, so setzt sich der Schließungswiderstand des Galvanometerzweiges aus den beiden parallel geschalteten Widerständen $(a + A + \alpha)$ und $(b + B + \beta)$ zusammen. Unter den oben gemachten Vernachlässigungen ergibt sich demnach der Gesamtwiderstand des Galvanometerkreises

$$\Gamma = \gamma + \frac{m}{m+1}(a + \alpha) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 7)$$

Anstatt i wollen wir die elektromotorische Kraft $e = i\Gamma$ angeben, welche den Strom i im Galvanometerkreis hervorbringen würde, welche man also umgekehrt in den Galvanometerzweig einschalten müßte, um denselben nach der Widerstandsänderung stromlos zu halten. In der nicht abgeglichenen Brücke ergibt sich unter den oben angeführten Vernachlässigungen für diese kompensierende elektromotorische Kraft e der Wert

$$e = \frac{aB - bA + \frac{d}{\alpha + \beta}(a\beta - b\alpha)}{a + b} J.$$

Wenn man nun von der Nulllage ausgeht, so erhält man für e verschiedene Werte, je nachdem die Änderung ε einen der zu messenden Widerstände A, B oder einen der Verzweigungswiderstände a, b oder endlich einen der Überbrückungswiderstände α, β betrifft, nämlich

bei Änderung von a oder b um den Bruchteil ε

$$e_1 = \pm \frac{1}{m+1}\left(B + \frac{m}{m+1} d\right) J\varepsilon \quad \ldots \ldots \ldots \quad 8)$$

bei Änderung von A oder B um den Bruchteil ε

$$e_2 = \mp \frac{BJ}{m+1}\varepsilon \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 9)$$

und bei Änderung von α oder β um den Bruchteil ε

$$e_3 = \mp \frac{m}{(m+1)^2} dJ\varepsilon \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 10)$$

Die erste Größe ist gleich und dem Sinne nach entgegengesetzt der Summe der beiden andern. Es ist also am vorteilhaftesten, die Interpolation an a oder b vorzunehmen. So lange freilich A und B so groß sind, daß man überhaupt noch brauchbare Nebenschlüsse daran legen kann, ohne die Zuleitungen berücksichtigen zu müssen, kommt d gegen B nicht in Betracht, d. h. die Interpolation an A oder B hat denselben Erfolg wie die an a oder b. Interpoliert man, wie dies in Abt. II geschah, an $a : b$ und $\alpha : \beta$ gleichzeitig in demselben Sinne, so erhält man dieselbe Empfindlichkeit wie durch Interpolation an $A : B$.

Von Bedeutung für die Methode ist die weitere Folgerung, daß die Ausdrücke e_1, e_2, e_3 nicht von der Größe der Verzweigungswiderstände a, b und der Überbrückungswiderstände α, β abhängen. Diese gehen nur in den Widerstand Γ des Galvanometerkreises ein. Wir können daher, wenn es sich um die Auswahl der Verzweigung und Überbrückung handelt, e_1 bezw. e_2 oder e_3 als gegeben ansehen. Nun kann man bekanntlich eine gegebene elektromotorische Kraft um so genauer messen, je kleiner der Widerstand des Schließungskreises ist. Daraus folgt, daß man diesen Widerstand Γ klein machen und dementsprechend ein Galvanometer mit kleinem Widerstand benutzen muß. Man kann jedoch mit Γ aus verschiedenen Gründen nicht

unter eine gewisse Größe herabgehen. Zunächst kann man die Verzweigungs- und Überbrückungswiderstände nicht gut kleiner wählen als 1 Ohm, ohne daß die Zuleitungswiderstände einen beträchtlichen Einfluß gewinnen. Es kann sich aber auch, worauf später eingegangen werden soll, aus der Art des verwendeten Galvanometers eine untere Grenze für Γ ergeben. Hat man den Wert von Γ einmal festgelegt, so ist es für die Empfindlichkeit einerlei, wie der Widerstand in Γ verteilt ist, ob er hauptsächlich in die Verzweigung oder Überbrückung oder als Ballast in den Galvanometerzweig gelegt ist. Um den Einfluß der Zuleitungen zu verringern, wird man das erstere vorziehen. Die Art der Widerstandsverteilung ist in Tab. 2 (*S. 41*) stets angegeben. Es sei dazu bemerkt, daß man in der Auswahl der Büchsen [*a*] und [*b*] auf Zehnerpotenzen angewiesen war.

Die Größen e_1 und e_2 sind endlich dem Ausdruck BJ bezw. $\left(B + \frac{m}{m+1} d\right) J$ proportional, d. h. der Spannung zwischen den Enden des Meßwiderstandes B bezw. zwischen dem äußeren Ende von B und dem Verzweigungspunkt von d. Für die Belastungsgrenze eines Widerstandes ist nun nicht die Spannung, sondern die verzehrte Energie $B \cdot J^2$ maßgebend. Bei Widerständen, welche gleiche Belastung vertragen, ist also die verwendbare Spannung $BJ =$ konst. $\sqrt{B}$, d. h. die maximale Empfindlichkeit der Meßmethode wird bei kleinen Widerständen geringer und zwar um das $\sqrt{n}$-fache, wenn die Widerstände um das n-fache kleiner werden.

Es versteht sich, daß für exakte Messungen die Belastungsgrenze tiefer anzusetzen ist, als bei vielen Anwendungen, wo mäßige Erwärmung keine Rolle spielt. Bei den oben mitgeteilten Messungen war man stets erheblich unterhalb der in der Technik zulässigen Grenze.

2. Verwendbarkeit des Drehspulen-Galvanometers nach Deprez-d'Arsonval zur Messung kleiner Widerstände.

Vorweg seien einige allgemeinere Bemerkungen gestellt, die beim Gebrauch eines Drehspulen-Galvanometers von Nutzen, aber vielleicht nicht alle hinreichend bekannt sind. Bei den gewöhnlichen Messungen ist es stets vorteilhaft, das Instrument im Zustand nahe aperiodischer Dämpfung zu verwenden. Die Empfindlichkeit läßt sich bekanntlich um so größer machen, je höhere Dämpfung man zuläßt. Andrerseits kann man diese über den Grenzfall der Aperiodizität kaum steigern, ohne daß die Benutzung des Instrumentes infolge des eintretenden „Kriechens" unmöglich wird. Will man also zu einer gegebenen Meßanordnung, d. h. zu einem gegebenen äußeren Widerstande, das empfindlichste Drehspulen-Galvanometer auswählen, so ist der Spulenwiderstand so zu bemessen, daß die Dämpfung im Meßkreise aperiodisch ist.

Der Zustand nahe aperiodischer Dämpfung enthält zugleich den weiteren Vorteil, daß die Zeitdauer, nach welcher eine Schwingung sich beruhigt, nach welcher also ein Ausschlag abgelesen werden kann, weitaus kürzer ist, als bei jeder anderen Dämpfung[1]).

Aus diesem Grunde wird man auch dann, wenn man zu irgend einem Zweck das Galvanometer mit geringerer Empfindlichkeit benutzen will, die Dämpfung aperiodisch halten. Am einfachsten geschieht dies, indem man beim Einschalten von Ballastwiderstand in den Stromkreis zugleich einen geeigneten Nebenschluß zum

[1]) Vgl. z. B. H. Diesselhorst, *Ann. d. Phys.* **9.** *S. 461. 1902.*

Galvanometer oder gegebenen Falls auch zum Galvanometer plus einem passenden Vorschaltwiderstand legt[1]).

Die geeignetste Dämpfung, bei der man sicher ist, daß kein „Kriechen" eintritt, erkennt man daran, daß bei größeren Ausschlägen noch eben ein Umkehren der Schwingung konstatiert werden kann[2]).

Um die Verwendbarkeit der Drehspulen-Galvanometer zur Messung kleiner Widerstände zu prüfen, mußte nach den weiter oben ausgeführten Betrachtungen ein Instrument von möglichst geringem inneren Widerstande ausgesucht werden. Man wählte hiernach von den vorliegenden Modellen der Firma Siemens & Halske das mit dem kleinsten Widerstande, nämlich 20 Ohm für Spule und Aufhängung. Dieses wurde bei den meisten Messungen, bei denen in Abt. I ausschließlich, benutzt. Seine Schwingungsdauer im offenen Kreis betrug 3,9 Sek., die Empfindlichkeit $1{,}0 \cdot 10^{-8}$ Amp./Skt. bei 3,2 *m* Skalenabstand. Bei etwa 60 Ohm Gesamtwiderstand im Galvanometerkreis wurde die Dämpfung aperiodisch. Setzt man den letzteren Wert für den Widerstand Γ ein, so wird die Volt-Empfindlichkeit gleich $60 \cdot 10^{-8}$ Volt/Skt.

Wir wollen nun eine Widerstandsmessung im Verhältnis 1 : 10 zugrunde legen, bei der die Empfindlichkeit der Anordnung geringer ist, als bei den Vergleichungen im Verhältnis 1 : 1. Bemißt man dann die Hauptstromstärke so, daß an den Enden des größeren der zu vergleichenden Widerstände eine Spannung $BJ = 0{,}1$ Volt liegt, so resultiert nach Formel 9) bei der Widerstandsänderung $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-4}$ für den Galvanometerkreis die elektromotorische Kraft

$$e = \frac{0{,}1}{11} 10^{-4} = 90 \cdot 10^{-8} \text{ Volt},$$

die einen Ausschlag von $\frac{90}{60} = 1{,}5$ Skalenteilen oder bei Kommutieren des Hauptstromes einen Doppelausschlag von 3 Skalenteilen hervorbringt. Die Empfindlichkeit wird also so, daß ein Skalenteil Doppelausschlag einer Änderung des Widerstandsverhältnisses um den Bruchteil $\varepsilon = 33 \cdot 10^{-6}$ entspricht. Bei der vorzüglichen Ruhelage des Galvanometers reichte dies aus, um eine Meßgenauigkeit (d. h. Übereinstimmung bei direkter Wiederholung) von etwa 3 Milliontel zu erzielen. Die Belastung mit 0,1 Volt ist bei den üblichen Büchsenwiderständen bis 0,001 Ohm abwärts nicht hoch. Die größeren Widerstände wurden zum Teil stärker (bis 0,2 Volt), die von 0,001 Ohm abwärts weniger belastet, sodaß bei den ersteren die Empfindlichkeit entsprechend größer, bei den letzteren geringer ist. Die Belastungsströme sind in Tab. 2 auf *S. 41* ebenso wie die übrigen auf die Empfindlichkeit bezüglichen Größen angegeben. Bei den Vergleichungen im Verhältnis 1 : 1 gestaltet sich die Empfindlichkeit insofern bedeutend günstiger, als in Formel 8) der Nenner $m + 1$ den Wert 2 anstatt 11 erhält.

Im Resultat kann man sagen, daß das benutzte Drehspulen-Galvanometer auch für die Messung sehr kleiner Widerstände im allgemeinen ausreicht, daß aber im Interesse höchster Genauigkeit noch eine geringe Steigerung der Empfindlichkeit erwünscht ist.

---

[1]) Über hierzu bestimmte Nebenschlußkästen vgl. Ayrton und Mather, *The Electrician* **32.** *S. 627. 1894*; H. Sack, *Elektrotechn. Zeitschr.* **17.** *S. 587. 1896*; W. Volkmann, *Ann. d. Phys.* **10.** *S. 217. 1903.*

[2]) In Katalogen u. dgl. vermißt man häufig die Angabe des Grenzwiderstandes, bei dem die Aperiodizität eintritt, sodaß aus dem Wert der Stromempfindlichkeit und des inneren Widerstandes leicht falsche Vorstellungen über die praktisch erreichbare Empfindlichkeit entstehen. Ohne die Kenntnis des Grenzwiderstandes ist natürlich eine Beurteilung der Empfindlichkeit nicht möglich.

Ein neues Mikroskop-Stativ und seine feine Einstellung.

Von
E. Leitz in Wetzlar.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von E. Leitz.)

Die mannigfaltigen Formen der Mikroskop-Stative der deutschen und ausländischen Optiker lassen sich in zwei Gruppen einteilen; die eine bilden die kontinentalen, die andere die englischen Stative.

Den hauptsächlichsten Anlaß zu der Verschiedenheit des Baues beider Gattungen von Mikroskopen gab die Verschiedenheit der Tubuslänge, welche bei ihnen zur Verwendung kommt. Das kontinentale Mikroskop hat eine mittlere Tubuslänge von 170 *mm*, das englische eine solche von 10 engl. Zoll (254 *mm*). Infolgedessen erforderte dieses Instrument einen höheren Oberbau, dem ein ebensolcher Unterbau entsprach.



Fig. 1.

Die Länge des Oberteils des englischen Statives hatte zur Folge, daß es unmöglich wurde, die Mikrometerschraube des kontinentalen Stativs, die in die obere Säule des Stativs eingebaut ist, an jenem anzubringen, denn die Masse des Oberteils hätte ein feines Spielen der Schraube verhindert. Der englische Konstrukteur war deshalb gezwungen, seine Mikrometerschraube an den Tubus zu verlegen; damit war der englische Optiker nicht an die geraden, starren Formen des kontinentalen Stativs gebunden.

An dem neuen Stativ von Leitz hat eine Verlegung der Mikrometerschraube an den Tubus stattgefunden, und das Stativ hat zugleich den Typus des kontinentalen Stativs verlassen. Es war nicht Zwang, der diese Verlegung der feinen Einstellung hervorrief, wie bei den englischen Stativen; doch war es unzweifelhaft, daß eine Verringerung der zu bewegenden Masse, wie sie bei der Verlegung der Mikrometerschraube von der Säule an den Tubus zu erreichen war, nur förderlich auf den Gang der feinen Einstellung einwirken konnte.

Ist der Bau des kontinentalen Stativs durch den geraden Tubus und die gerade Säule des Oberteils, die das Stativ wegen der geraden langen Prismenführung der Säule nicht entbehren kann, im großen und ganzen gegeben, so hat man an dem neuen Stativ (s. Fig. 1) frei über die Form der Säule und des Fußes verfügen können; beiden konnte eine runde, leichte und gefällige Gestalt gegeben werden. Die Ausbiegung der oberen Säule bietet einen guten Griff für das Mikroskop und gewährt zugleich hinreichend Raum für einen großen Objekttisch, der das Durchmustern großer Präparate erleichtert.

Als Mechanismus für die Einstellungsvorrichtungen, die bis jetzt am Mikroskop zur Verwendung gekommen sind, auf die aber hier nicht näher eingegangen werden

soll, sind Schraube, Hebel oder schiefe Ebene benutzt worden. Die Mikrometerbewegung des neuen Stativs, die wir jetzt näher beschreiben wollen, beruht auf einem Prinzip, das bis jetzt am Mikroskop zur Erzielung einer feinen Bewegung noch nicht zur Anwendung gekommen zu sein scheint: Eine um eine feste Achse rotierende Scheibe, die von einer krummen Fläche begrenzt wird, welche ungleichen Abstand von der Achse hat, hebt den Tubus um eine gewünschte Strecke.

In Fig. 2, welche einen vertikalen Schnitt durch den Mechanismus der Mikrometereinrichtung darstellt, ist diese Scheibe mit *f* bezeichnet. Ihre Peripherie ist aus zwei gleichen Spiralen gebildet, die sich zu einer herzförmigen Figur zusammensetzen. Diese Spirale steigt von dem dem Drehungszentrum nächsten Punkt — an der Kerbe des herzförmigen Stückes — bis zu der Spitze dieses Stückes um 3 *mm* und zwar wächst diese Entfernung bei gleicher Drehung der Scheibe um gleiche Beträge.

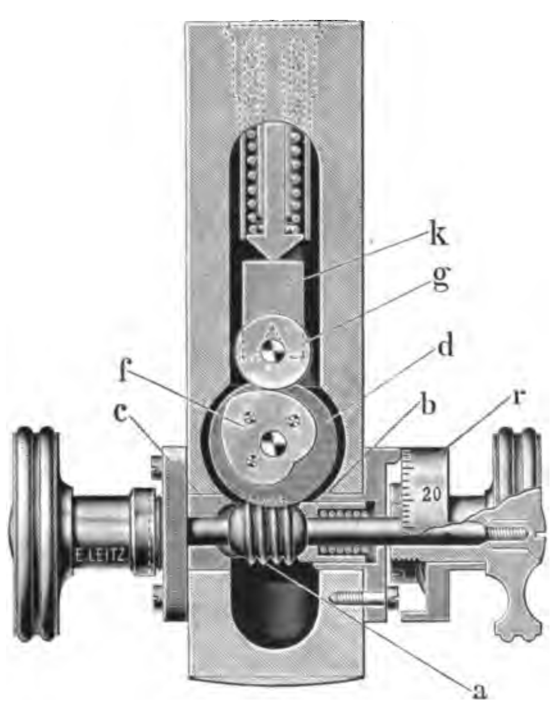


Fig. 2.

Auf dieser Spirale sitzt mittels der Rolle *g* ein Träger *k*, der an dieser Bewegung teilnimmt und sie auf den Tubus überträgt. Das herzförmige Stück ist auf der Achse eines Schneckenrades *d* befestigt und mit demselben starr verbunden. Das Zahnrad greift von zwei Seiten in das Gewinde einer Schraube ohne Ende *a* ein. Aus Fig. 3 ist dieses doppelte Eingreifen der Zähne des Rades und der Welle mit der Schraube ohne Ende klar ersichtlich.

Diese Schraube wird durch die beiden Triebknöpfe, die am Stativ unter den Triebknöpfen der groben Einstellung sitzen, in Bewegung gesetzt. Das eine Lager *b* der unendlichen Schraube *a* bringt diese durch den einseitigen Druck einer Feder in feste Berührung mit dem Schneckenrad. Durch dieses federnde Lager und das doppelte Eingreifen der Zähne von Rad und Welle wird der tote Gang beider vermieden. Das Zahnrad hat 60 Zähne; es bedarf einer halben Umdrehung, um die Spirale von der Kerbe des herzförmigen Stückes bis zu der Spitze derselben zu bewegen und dadurch eine Bewegung von 3 *mm* hervorzurufen. Bei einer Drehung um *einen* Zahn findet also eine Bewegung um 0,1 *mm* statt; zur Drehung des Zahnrades um einen Zahn bedarf es aber einer vollen Umdrehung der Achse *a*. Die Trommel *r* der Achse ist in 100 Teile geteilt; der Drehung der Trommelteilung um 1 Teilstrich entspricht also eine mikrometrische Bewegung von 0,001 *mm*. Zur Erleichterung der Ablesungen kann die Trommel bei Messungen auf den Teilstrich Null gestellt werden.

Das Verbindungsstück zwischen Tubus und Säule, das die grobe Zahn- und Trieb-Einstellung in sich faßt, trägt an der hinteren Seite ein schwalbenschwanzförmiges Stück, welches in eine entsprechende Führung der Säule genau paßt.

Dieser Schwalbenschwanz ist mit dem Träger *k* fest verschraubt. Letzterer

sitzt mittels der Rolle *g* auf der Fläche der Spirale und erhält seine Bewegung beim Steigen und Fallen der Spirale.

Eine Feder, die in einen Zylinder an der Säule des Stativs über dem Halter eingelassen ist, drückt einen Stift, der genügend Spielraum hat, gegen den Halter *k* der Rolle und hält die Rolle in sicherem Kontakt mit der Spirale. Der Stift ist so auf dem Halter *k* hinter dem Berührungspunkt von Rolle und Spirale gelagert, wie aus Fig. 3 zu ersehen, daß der Federdruck und der Zug, der von dem Gewicht des Tubus und des Verbindungsstückes ausgeübt wird, sich möglichst ausgleichen, sodaß innerhalb der Führung des Schwalbenschwanzes kein Seitendruck auf die Gleitflächen, der hindernd auf die feine Bewegung wirken könnte, stattfindet und eine ungleiche Abnutzung der Führungsflächen vermieden wird.

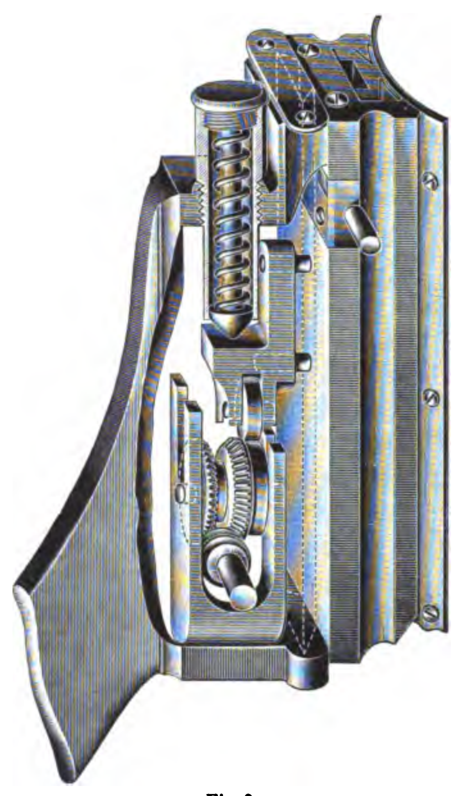


Fig. 3.

Durch die Verbindung zweier Spiralen zu dem herzförmigen Stück ist erreicht, daß von dem Heben sofort ein Übergang zum Senken stattfindet: Es ist der Bewegung der Feinstellung kein Ende gesetzt und es kann dem Mechanismus der Bewegung nie ein Schaden durch eine Überdrehung zugefügt werden. Für den Mikroskopiker ist es gleichgültig, ob er seine Einstellung durch das Heben oder Senken des Tubus erreicht, denn auch an der Mikrometerschraube ist es ihm bisher nie recht zum Bewußtsein gekommen, ob er die Einstellung in der einen oder andern Weise erreicht hat. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß ein Zertrümmern des Deckglases, falls es berührt wird, nicht eintritt, wenn auch die Schraube weiter gedreht wird, denn in diesem Fall wird die Verbindung zwischen Rolle und Spirale unterbrochen. Die Spirale läuft frei, der Tubus setzt sich langsam auf dem Deckglas fest; das Gewicht des leichten Aluminiumtubus und den Zug, den die Feder auf den Tubushalter und den Tubus ausübt, vermag aber nach unserer Erfahrung das Deckglas auszuhalten.

Bei der Lagerung des Mechanismus ist Sorge getragen, daß eine Abnutzung desselben nicht eintritt.

Die beschriebene Mikrometerschraube ist zunächst für große Stative bestimmt. Es steht aber nichts im Weg, falls die Neuerung Anklang findet, dieselbe an Stelle der bisherigen Mikrometerschraube an allen größeren Stativen zur Einführung zu bringen und zugleich den leichten und gefälligen Bau des vorliegenden Stativs auf alle übrigen zu übertragen.

Über die Bestimmung der Farbenkurve von Objektiven mittlerer Brennweite.

Von
Dr. G. Eberhard in Potsdam.

Für die Beurteilung eines Objektives ist die Kenntnis der Zonenfehler und der Farbenkorrektion von gleich großer Bedeutung, und man ist daher in letzter Zeit bestrebt gewesen, auch für kleinere Objektive, insbesondere Spektrographenobjektive, den Korrektionszustand nach diesen *beiden* Richtungen hin experimentell zu prüfen und sich nicht mit den Rechnungsdaten der praktischen Optiker zu begnügen. Während nun die Bestimmung der Zonenfehler nach dem von Hartmann gegebenen Verfahren der extrafokalen Blendenaufnahmen sowohl für große, als auch kleine Objektive leicht und mit sehr hoher Genauigkeit ausführbar ist, stehen der Bestimmung der Farbenkurve gerade für die häufig gebrauchten Objektive von mittelgroßen Brennweiten (150 bis 1000 *mm*) praktische Schwierigkeiten entgegen.

Auf solche bin ich gestoßen, als ich für die beiden Objektive des Spektrographen Nr. IV des Potsdamer Observatoriums mit 300 bezw. 350 *mm* Brennweite die Farbenkurve zu untersuchen hatte, zumal dieselbe für eine große Zahl Wellenlängen von Gelb bis in das Ultraviolett gewünscht wurde. Es dürfte daher vielleicht nicht ohne Interesse sein, meine dabei gemachten Erfahrungen weiteren Kreisen mitzuteilen und das Verfahren zu beschreiben, welches ich zu diesem Zwecke ausgearbeitet habe und das, für den Astronomen wenigstens, bei nicht zu großen instrumentellen Mitteln eine sehr genaue Bestimmung der Farbenkurve ermöglicht.

Es lag nahe, zunächst auch auf jene kleinen Objektive die für Objektive mit großen Brennweiten praktisch erprobten und keinerlei Schwierigkeiten bietenden Methoden anzuwenden. Eine erste, schon ziemlich gute Näherung für die Farbenkurve läßt sich auf einfachste Weise durch das von Vogel ausgebildete, jetzt allgemein bekannte Verfahren erlangen, aber auch die genauen Werte der Fokusdifferenzen der verschiedenen Farben sind, allerdings unter Anwendung schon größerer Mittel, nach einer von Hartmann angegebenen Methode (*diese Zeitschr.* ***20.*** *S. 57. 1900*) leicht zu erhalten. Letztere, welche man als eine Verbindung des Vogelschen Verfahrens mit der von Hartmann angewendeten Brennweitenbestimmung mittels extrafokaler Blendenaufnahmen ansehen kann, besteht bekanntlich darin, daß vor dem zu untersuchenden Objektive eine Blende angebracht wird, welche eine oder auch mehrere ringförmige Zonen desselben freiläßt, und daß das durch diese Zone entworfene, extrafokale Bild eines Sternes dann auf dem Spalte eines von Astigmatismus freien Spektrographen aufgefangen und von diesem Apparate in der Gestalt zweier Spektren photographiert wird. Es wird dann die gegenseitige Entfernung dieser zwei Spektren in korrespondierenden Punkten, z. B. in den Wasserstofflinien eines Sternes vom I. Typus, gemessen, und man hat nur auf dieselbe Weise zu verfahren, wie man sonst extrafokale Blendenaufnahmen behandelt, um sofort die Fokusdifferenzen für die verschiedenen Farben (in obigem Beispiele für die Wellenlängen der Spektrallinien des Wasserstoffes) zu erhalten. Die Genauigkeit dieses Verfahrens für Objektive großer Brennweite ist in der Tat eine so hohe, daß sie in allen Fällen genügt. Als Beleg hierfür diene eine von mir vorgenommene Bestimmung der Farbenkurve des 32,5 *cm*-Objektives (3400 *mm* Brennweite) des Potsdamer photographischen Refraktors. Für zwei Zonen im Abstand 5 *cm* und 10 *cm* von der Mitte

fand ich für die Strahlen mit den Wellenlängen der Wasserstofflinien folgende Brennweitendifferenzen gegen die Brennweite der blauen Wasserstofflinie H_γ:

	5 *cm*-Zone	10 *cm*-Zone
	mm	*mm*
H_β	+ 4,4	+ 3,8
H_γ	0,0	0,0
H_δ	— 0,8	— 0,8
H_ε	— 0,7	— 0,6
H_ζ	— 0,3	— 0,1
H_η	+ 0,4	+ 0,4
H_ϑ	—	+ 0,8

Einer Anwendung dieser ausgezeichneten Methode von Hartmann auf kleinere Objektive stellen sich indessen erhebliche praktische Schwierigkeiten entgegen. Schon die Photographie extrafokaler Bilder erfordert bei kleinen Objektiven ziemliche Belichtungszeiten, dies ist in noch sehr viel höherem Maße der Fall, wenn jene Lichtbündel den Spalt eines Spektrographen passieren müssen und außerdem spektral zerlegt werden. Bei der Untersuchung des Objektives des photographischen Refraktors z. B. musste ich für eine extrafokale Aufnahme bei Benutzung des sehr hellen Sternes *α* Lyrae etwa 1 Minute belichten; wurde indessen das extrafokale Bild mit Hülfe eines kleinen Spektrographen spektral zerlegt, so wuchs die Expositionszeit auf 20 Minuten und mehr. Eine extrafokale Blendenaufnahme mit einem der oben erwähnten kleinen Objektive (30 bezw. 32 *mm* Öffnung bei 300 resp. 350 *mm* Brennweite) erforderte schon bei Anwendung desselben Sternes die Zeit von 15 bis 20 Minuten. Selbst wenn man sehr intensive irdische Lichtquellen (Bogenlampe mit Metallstäben) statt des Sternes benutzen wollte, würden daher überaus lange, jedenfalls unzulässige Belichtungszeiten bei spektraler Zerlegung des extrafokalen Bildes nötig sein.

Wie man aus obigem ersieht, ist es nicht ein Versagen der extrafokalen Methode an sich, welches ihre Anwendung auf Objektive mittlerer Brennweiten verbietet, sondern vielmehr der Umstand, welcher stets bei der Verwendung von Spalt-Spektralapparaten störend wird, daß nämlich durch Benutzung des Spaltes zuviel von dem ursprünglich vorhandenen Licht verloren geht. Wenn daher auch die für große Objektive bewährten Methoden für kleinere nicht ohne weiteres zu verwenden waren, so mußten meine Bemühungen doch darauf gerichtet sein, wie man, ohne auf die extrafokale Methode von Hartmann und die spektrale Zerlegung verzichten zu müssen, jenem Lichtmangel begegnen könnte.

Ein naheliegender Ausweg ist nun der, daß man eine entfernte, *monochromatische* Lichtquelle statt des Sternes benutzt und auf diese Weise die spektrale Zerlegung des extrafokalen Lichtbündels ganz umgeht. Jetzt wird alles, durch die Objektivblende durchgegangene Licht in dem extrafokalen Bilde vereinigt und nicht, wie bei dem zuerst besprochenen Verfahren, durch das Passieren des Spalt-Spektrographen in so außerordentlicher Weise geschwächt. Es ist hierbei zu beachten, daß man wegen der endlichen Entfernung der Lichtquelle nur die Schnittweitendifferenzen erhält; dieselben sind aber auf die von Hrn. Lehmann (*diese Zeitschr. 22. S. 325. 1902*) angegebene Weise leicht in Brennweitendifferenzen umzuwandeln. In der Tat hat nun dieses Verfahren sowohl Prof. Hartmann, wie auch mir bei mehrfacher Anwendung recht günstige Resultate geliefert; es eignet sich speziell dazu, für *eine* gewisse Farbe die absolute Brennweite eines Objektives zu bestimmen. Die Belichtungszeiten sind

mäßige. Die einzige Schwierigkeit bietet die Beschaffung des monochromatischen Lichtes; man ist fast immer darauf angewiesen, einen Lichtzerlegungsapparat (etwa einen Wülfingschen Apparat mit fester Stellung der beiden Fernrohre, vgl. *diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 209. 1898*) in Verbindung mit einer kräftigen Bogenlampe anzuwenden. Jedenfalls ist dieses unumgänglich nötig, sobald man die Fokusdifferenzen für eine größere Anzahl von Farben oder für einen eng begrenzten Wellenlängenbezirk bestimmen will, denn es gibt leider weder eine größere Anzahl heller monochromatischer Flammen, noch auch solche Filter, welche in einem engen Spektralbezirk Licht mit großer Intensität hindurchlassen. Das ganze Verfahren wird indessen durch die Anwendung eines Lichtzerlegungsapparates, welcher in großer Entfernung von dem zu untersuchenden Objektiv aufgestellt sein muß, unbequem, auch ist wohl nicht überall ein solcher Apparat vorhanden; ich habe daher auf Grund folgender Überlegungen endlich eine Methode gefunden, welche von allen diesen Nachteilen frei ist und sich verhältnismäßig leicht ausführen läßt. Man denke sich einen Spektrographen, dessen Kollimatorobjektiv die sehr große Brennweite F_1, dessen Kameraobjektiv die viel kürzere Brennweite F_2 habe. Mittels des Auszuges des Kollimatorrohres werde nun der Spalt um den kleinen Betrag dc aus dem Brennpunkte des Kollimatorobjektives herausgerückt, dann ist natürlich auch die Einstellung der Kamera um eine gewisse Größe dl zu ändern. Der Betrag dieser Größe ist nach einer von Cornu (*Spectre normal du soleil. II. S. 35 u. 36*) gegebenen Näherungsformel[1])

$$dl = -dc \cdot \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2.$$

Infolge des quadratischen Faktors wird die Änderung der Entfernung des Spaltes vom Kollimatorobjektiv eine bedeutend verkleinerte Änderung des Kameraauszuges nach sich ziehen. Es sei z. B. $F_1 = 3400$ *mm*, $F_2 = 350$ *mm*, $dc = 1$ *mm*, dann ist $dl =$ 0,011 *mm*, also eine für die Praxis ganz zu vernachlässigende Größe, da man wohl nie bei $F_2 = 350$ *mm* eine größere Genauigkeit der Einstellung als 0,1 *mm* verlangen und auch praktisch erreichen wird. Ganz in der gleichen Weise nun, wie diese mechanische Einstellungsänderung des Kollimators, wirken die Fokusdifferenzen des Kollimatorobjektives für die verschiedenen Farben auf die Einstellung der Kamera; man kann daher das Verhältnis von Kollimatorlänge zu Kameralänge so wählen, daß der Einfluß der Farbenkurve des Kollimatorobjektives auf die Einstellung der Kamera praktisch Null wird. Die wirkliche Einstellung, welche man dann der Kamera für verschiedene Farben bei fester Einstellung des Kollimators geben muß, um scharfe Bilder zu erhalten, hängt dann also nur von der Farbenkurve des Kameraobjektives allein ab und man hat hierdurch ein Mittel, diese auf leichte Weise zu bestimmen. Bei der praktischen Anwendung dieser Methode verfuhr ich nun folgendermaßen. In den aus zahlreichen photographischen Sternaufnahmen bekannten Brennpunkt des Objektives des photographischen Refraktors (3400 *mm* Brennweite) setzte ich eine Metallplatte mit einem in der Achse des Fernrohrs liegenden Spalt von etwa 0,5 *mm* Breite, auf welchen das Licht einer mit Eisenelektroden versehenen Bogenlampe konzentriert wurde. Vor der Mitte des Objektives selbst wurde auf einem kleinen Holztisch ein Prisma aufgestellt, hinter diesem Prisma das zu untersuchende, dreifache, verkittete Objektiv von 350 *mm* Brennweite, welches an einem als Kamera dienenden Metallrohr mit geteiltem Auszug und Kassette befestigt war.

---

[1]) Eine Ableitung dieser Formel ist auch von Hartmann gegeben worden; siehe *Eders Jahrbuch für Photographie u. s. w. 1902. S. 152.*

Die für die extrafokale Aufnahme bestimmte, vor dem kleinen Objektiv angebrachte Blende bestand aus einem Blech, in welches zwei Schlitze von 6 *mm* Breite und 30 *mm* Höhe in einem Abstand von 6 *mm* geschnitten waren. Der Spalt, die brechende Kante des Prismas und diese Schlitze wurden einander möglichst parallel gemacht. Das Prisma selbst ist für jede Farbe in das Minimum der Ablenkung gestellt worden, obwohl ein zwingender Grund hierfür nicht vorhanden ist. Die ganze Einrichtung gleicht also völlig der eines Spektrographen, und wenn man fokale Aufnahmen macht, erhält man ein Eisenspektrum von bekanntem Aussehen. Bei Aufnahmen innerhalb oder außerhalb des Fokus, wie sie die extrafokale Blendenmethode erfordert, tritt infolge der vor das kleine Objektiv gestellten Blende mit zwei Schlitzen eine Verdoppelung aller Linien des Eisenspektrums ein.

Die weitere Behandlung dieser extrafokalen Spektra erfolgt nun genau in der gleichen Weise, wie gewöhnliche extrafokale Aufnahmen bearbeitet werden (vgl. *diese Zeitschr.* ***20.*** *S. 51 u. 52. 1900*). Für das mehrfach erwähnte dreifache kleine Objektiv erhielt ich beispielsweise folgende Zahlen für die Lage der Brennpunkte der verschiedenen Farben (Wellenlängen) bei achsial einfallendem Licht.

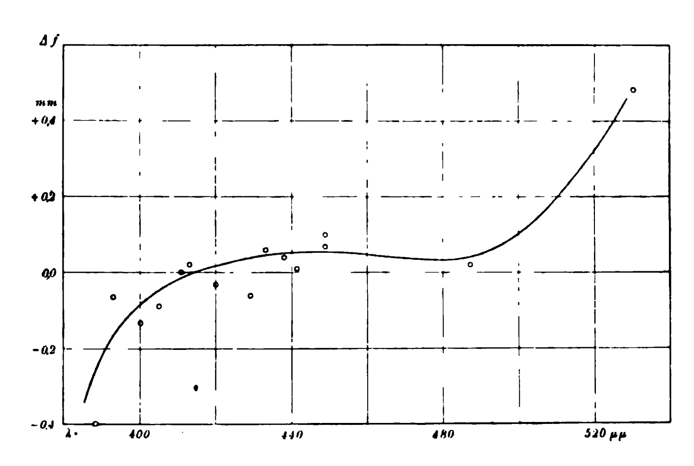
Tabelle 1.

Wellenlängen $\mu\mu$	Fokusdifferenz *mm*	
	a	*b*
530	+ 0,48	—
487	+ 0,02	
449	+ 0,10	+ 0,07
441	+ 0,01	—
438	—	+ 0,04
433	—	+ 0,06
429	— 0,06	—
420	— 0,03	—
413	+ 0,02	—
411	0,00	—
405	— 0,09	—
400	— 0,13	—
393	— 0,06	—
388	— 0,40	—

Trägt man diese Werte in Millimeterpapier als Ordinaten, die Wellenlängen als Abszissen ein und zieht eine Kurve durch diese Punkte (vgl. die Figur), so sieht man, daß die Abweichungen von der Kurve 0,15 $mm = F_2/2000$ nicht überschreiten, meist indessen viel kleiner sind. Auch einige zur Kontrolle aufgenommene Platten, bei welchen außerdem absichtlich das Prisma nicht im Minimum der Ablenkung stand (die Werte der Tabelle unter *b*), zeigen gute Übereinstimmung. Ich glaube daher, dies Verfahren empfehlen zu können, zumal die Belichtungszeiten sehr mäßige (3 bis 5 Minuten) waren; nur hat man auf eine Reihe Bedingungen zu achten, von deren Erfüllung es abhängt, ob die gewonnenen Resultate einwurfsfrei sind oder nicht. Ich will auch hierüber noch einige Bemerkungen machen.

Zunächst und vor allem andern ist darauf zu achten, daß das zu benutzende Prisma keine fokalen Eigenschaften hat, d. h. daß es völlig homogen (ohne Schlieren) sein und wirklich ebene Flächen besitzen muß. Man überzeugt sich von seiner Beschaffenheit auf bekannte Weise durch Untersuchung auf einem größern Spektrometer

oder aber auch mittels der extrafokalen Blendenmethode in der Art, wie Hr. Lehmann (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 329. 1902*) planparallele Platten untersucht hat. Nur ist in letzterem Falle monochromatisches Licht (Natriumlicht) dazu zu verwenden. Geringe Fehler des Prismas[1]), wie sie wohl meist vorhanden sind, haben auf die Bestimmung der Farbenkurve keinen so schädlichen Einfluß, wie auf die Bestimmung absoluter Brennweiten. Ich halte daher für letztere Aufgabe die *S. 83* erwähnte Methode für die bei weitem bessere, weil bei ihr kein optischer Apparat zwischen Lichtquelle und zu untersuchendem Objektiv sich befindet, welcher die Resultate der Messungen beeinflussen könnte.



Es ist zweitens darauf zu achten, daß das Prisma immer genau vor der gleichen Stelle des großen, als Kollimator benutzten Fernrohrobjektives steht, weil Zonenfehler des letzteren Verfälschungen der Werte der Farbenkurve geben können, obwohl auch jene Zonenfehler im Verhältnis $(F_2/F_1)^2$ verkleinert werden. Für anderweitige Zwecke habe ich das Objektiv des photographischen Refraktors auf Zonenfehler untersucht und folgende Werte gefunden.

Tabelle 2.

Abstand der Zone von der Mitte	Zonenfehler
cm	*mm*
16	+ 0,2
14	— 0,6
13	— 1,0
11	— 0,8
10	— 0,3
9	+ 0,2
8	+ 1,1
7	+ 1,2
5	+ 1,0
3	+ 0,1

Es könnten somit im ungünstigsten Falle durch Auftreten dieser Zonen Fehler von etwa 0,02 *mm* in der Farbenkurve jenes kleinen Objektives entstehen, wenn man das Prisma absichtlich in die stärkst abweichenden Zonen des großen Objektives rücken würde.

Drittens muß das Prisma so vor dem kleinen Objektive stehen, daß die zwei Schlitze in der Blende immer völlig erleuchtet sind. Man überzeugt sich leicht davon, indem man das Auge an die Stelle der Platte bringt; die Schlitze müssen dann als gleichmäßig in derselben Spektralfarbe leuchtende Flächen erscheinen.

[1]) Man kann nach einer Formel von Cornu (*a. a. O. S. 83*) leicht den Einfluß fokaler Eigenschaften des Prismas auf obige differentiellen Messungen abschätzen. Es sei A der brechende Winkel des Prismas, Δ_λ die Minimalablenkung für einen Strahl der Wellenlänge λ, F_2 die Brennweite

Die extrafokalen Aufnahmen sind nicht zu weit ab vom Fokus zu machen, da sonst bei Benutzung eines linienreichen Spektrums Übereinanderlagerung der Doppellinien mit verschiedenen Wellenlängen Veranlassung zu Irrtümern sowohl, als auch zu Verfälschungen der Werte geben kann.

Ich halte das Eisenspektrum als ein für diese Zwecke sehr geeignetes Spektrum, da seine Linien scharf und schmal sind, was für die Ausmessung der Platten nötig ist. Weiter aber sind für eine große Zahl Wellenlängen Linien vorhanden, sodaß man die Farbenkurve durch zahlreiche Punkte legen kann und so sehr sicher erhält. Man erhöht die Genauigkeit eines jeden Punktes noch, wenn man sich nicht auf die Messung der einen, in der Mitte der Platte liegenden Linie beschränkt, für welche man die Fokusdifferenz bestimmen will, sondern noch einige nahe benachbarte Linien mit mißt, die Messungen dann als Ordinaten, die Wellenlängen als Abszissen in Millimeterpapier einzeichnet und erst aus der durch diese Punkte gelegten Kurve den Wert für die gewünschte Wellenlänge entnimmt.

Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß natürlich die ganze Zusammenstellung: Spalt, Fernrohrobjektiv, Prisma, kleines Objektiv, möglichst zentrisch gemacht sein muß und daß das von der Lampe ausgehende, jenes System durchlaufende Lichtbündel die nötige Apertur haben muß. Man umgeht indessen leicht jede Schwierigkeit, welche durch letztere Forderung entstehen kann, wenn man zwischen Bogenlampe und Spalt eine Mattscheibe aufstellt und mit dem von dieser ausgehenden diffusen Licht arbeitet.

Die Ausführung des ganzen Verfahrens gestaltet sich viel einfacher, als es nach der Beschreibung den Anschein hat. Ist der Apparat einmal zusammengestellt, so nimmt die eigentliche Beobachtung nur wenige Stunden in Anspruch. Es ist daher ein Leichtes, für *verschiedene* Zonen eines Objektives die Farbenkurve zu bestimmen, da man nur die Blende vor dem zu untersuchenden Objektive gegen eine andere umzutauschen hat. In obigem Beispiele ist die Untersuchung nur für eine Zone durchgeführt worden, weil dies Objektiv, nach einer von Dr. Steinheil ausgeführten Korrektur, fast ganz frei von Zonenfehlern ist. Bei einem andern, von mir untersuchten astronomischen Objektive, welches Zonenfehler hatte, konnte ich einen Einfluß derselben auf die Farbenkurve nicht nachweisen.

Ich will zum Schluß noch erwähnen, daß ich auch das geistreiche Verfahren von Schuster für die Bestimmung der Farbenkurve (*Phil. Mag. 7. S. 95. 1879*), welches mit Erfolg in letzter Zeit von Keeler, Campbell, Frost und andern angewendet worden ist, versucht habe, ehe ich das obige extrafokale Verfahren ausgearbeitet hatte. Schuster benutzt bekanntlich den Astigmatismus, der beim Durchgang nicht paral-

---

des zu untersuchenden Objektives, y die Änderung derselben infolge der fokalen Eigenschaften des Prismas, dann ist der Krümmungsradius ϱ des Prismas, der für beide Flächen als gleich vorausgesetzt wird,

$$\varrho = \frac{2 F_2^2}{y} \cdot \frac{\sin \frac{\Delta_\lambda}{2}}{\sin \frac{A}{2} \cos^2 \frac{A + \Delta_\lambda}{2}} .$$

Für das von mir benutzte Prisma ist $A = 60^\circ$, $\Delta_{434} = 56^\circ$, $\Delta_{650} = 52^\circ$, und es sei ferner $y = 0{,}50$ *mm* für das Objektiv mit $F_2 = 350$ *mm* (ein Betrag, welcher sicher bei dem von mir benutzten Prisma nicht überschritten wird) so ist $\varrho = 1638$ *m*. Mit diesem Krümmungsradius wird aber für $\lambda = 650$ $\mu\mu$ $y = 0{,}42$ *mm*, während für $\lambda = 434$ $\mu\mu$ $y = 0{,}50$ *mm* war. Man sieht somit, daß unter Annahme eines Krümmungsradius der Prismenflächen von etwa 1,5 Kilometer Fehler in der Farbenkurve des Objektives von 350 *mm* Brennweite nur im Betrage von etwa 0,1 *mm* $= F_2/3500$ möglich sind.

leler Büschel durch ein Prisma auftritt, um Fernrohr und Kollimator eines Spektralapparates auf unendliche Entfernung einzustellen. Man kann auf diese Weise nach dem Vorschlage von Schuster die Achromasie jener Linsen studieren. Wie man sieht, erfordert auch dieses Verfahren sowohl ein homogenes Prisma mit ebenen Flächen, als auch einen immerhin nicht einfachen Aufbau. Da ferner die Resultate durch eine Schätzung des mehr oder minder scharfen Aussehens von Spektrallinien erhalten werden, so hat man nicht das Gefühl der Sicherheit, während bei dem von mir gegebenen Verfahren die Resultate durch exakte Messungen gewonnen werden. Die Anwendung der Schusterschen Methode, welche auch für die Augen recht anstrengend ist, ergab mir eine Genauigkeit von nur $F_2/1000$, welche für meine Zwecke nicht ganz ausreichend war. Dies ist übrigens auch die Genauigkeit, welche Schuster nach seinen Angaben selbst erlangte.

Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium, im Februar 1903.

Referate.

Neuerungen an der Montierung von Äquatorealen.

Von V. Knorre. *Astron. Nachr.* ***160.*** *S. 133. 1902.*

Die Verbesserungen, welche Verf. im Verein mit Mechaniker H. Heele in Berlin für die Aufstellung von Äquatorealen ersonnen hat, beziehen sich erstlich auf die Lagerung der Achsen, dann auf die Regulierung des Lagerdruckes und drittens auf die Justierung des Instrumentes.

Für die Lagerung der beiden Achsen, der Stundenachse und der Deklinationsachse, schlägt Verf. statt des bisher hauptsächlich benutzten Konus die Kugel vor. Bei konischer Lagerung zwängt sich die Achse in der Büchse leicht fest, außerdem ist es schwierig, dem am entgegengesetzten Ende der Achse befindlichen, zu ihrer Führung dienenden Hohlzylinder die richtige Lage zu geben, sodaß die geometrische Achse des Hohlzylinders genau in die Verlängerung der geometrischen Achse des Hohlkonus fällt. Wird an beiden Enden der Achsen konische Lagerung angewandt, so sind Zwängungen im einen, Schlotterungen im anderen Lager zu befürchten. Liegt die Achse dagegen mit einem kugelförmigen Teilstück in einem Kugellager, so braucht die kreisrunde Öffnung des letzteren, durch welche der zylinderförmige Teil der Achse durchgeführt ist, nur etwas größer zu sein als der Querschnitt des Zylinders, wenn bei der Korrektur des zylindrischen Lagers, die behufs einer geringen Richtungsänderung der Polarachse vorgenommen wird, jeder Zwang vermieden werden soll. Hauptsächlich spricht aber nach dem Verf. zu Gunsten der Kugellagerung der Umstand, daß die Kugel sich vom Mechaniker viel exakter herstellen lasse, als Konus und Zylinder.

Ferner verfolgt Verf. das Ziel, daß der Druck, welchen die Kugel auf ihr Lager oder, genauer ausgedrückt, auf den tiefsten Punkt ihres Lagers ausübt, in allen Stellungen des Instrumentes und für alle je nach der geographischen Breite des Beobachtungsortes verschiedenen Neigungen der Polarachse konstant bleibt. Hierzu dient ein System von Hebeln, welche teils senkrecht, teils parallel zur Stundenachse und Deklinationsachse angebracht sind. Bei dem Refraktor der Berliner Sternwarte, welcher jetzt von Hrn. Heele nach den eben besprochenen Prinzipien einem Umbau unterworfen wird, werden die beiden an der Deklinationsachse angreifenden, fest miteinander verbundenen Hebel bei Bewegung des Instrumentes durch eine Drehvorrichtung in einer Vertikalebene mit der Deklinationsachse erhalten. Genaueres gibt Verf. hierüber nicht an, wohl aber soll, wenn der Umbau des Berliner Refraktors beendet ist, die neue Montierung genau beschrieben werden.

Behufs rascher genäherter Justierung eines Äquatoreals, welche besonders für astro-

nomische Expeditionen von großem Wert ist, schlägt Verf. vor, die Stundenachse zu durchbohren und zur Visur nach einem polnahen Stern durch Einsetzung der nötigen Linsen in ein schwaches Fernrohr zu verwandeln. Wird in diesem Fernrohr auch noch ein Ringmikrometer angebracht, so läßt sich durch Einstellung von α und λ Ursae minoris, welche einen Rektaszensionsunterschied von 90 Grad haben, auf ihre Parallelkreise in rascher Weise eine leidliche Justierung des Instrumentes erreichen.

Um auch in der Werkstatt das Instrument wenigstens in sich justieren zu können, d. h. die senkrechte Stellung der Deklinationsachse zur Stundenachse, ferner die Kollimation und die Stellung der Nonien beider Kreise prüfen und berichtigen zu können, empfiehlt Verf., auch die Deklinationsachse zu durchbohren und in ein Fernrohr umzuwandeln. Man hat dann mit Hülfe eines Universalinstrumentes, dessen Fernrohr man in horizontale Lage gebracht hat, auch die Polarachse des Äquatoreals horizontal zu richten, indem man das Fernrohr, welches in der Polarachse steckt, auf das Fernrohr des Universalinstruments einstellt; sodann prüft man die Deklinationsachse auf ihre senkrechte Stellung zur Polarachse dadurch, daß man das in der Deklinationsachse steckende Fernrohr nadirwärts nach einem Quecksilberhorizont richtet. Ist mittels der Korrektionsschrauben und der Feinbewegung die Autokollimation des Fadenkreuzes zustande gebracht, so werden die Nonien des Stundenkreises auf $6^h\,0^m\,0^s$ und $18^h\,0^m\,0^s$ gestellt. Darauf wird die Stundenachse soweit gedreht, bis die Nonien des Stundenkreises $0^h\,0^m\,0^s$ und $12^h\,0^m\,0^s$ angeben, und das große Fernrohr nach dem Quecksilberhorizont gerichtet. Durch Herbeiführung der Autokollimation mittels Korrektionsschrauben und Feinbewegung wird der Kollimationsfehler beseitigt und endlich werden bei dieser Stellung des Rohres die Nonien des Deklinationskreises auf $0^\circ\,0'\,0''$ und $180^\circ\,0'\,0''$ gebracht.

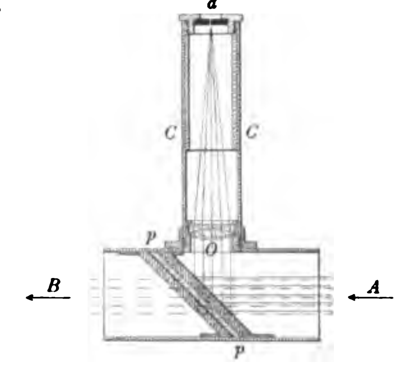
Das Universalinstrument läßt sich bei dieser Gelegenheit auch noch zur Bestimmung der Radien des im Fernrohr der Stundenachse befindlichen Kreismikrometers nach der Methode von Gauss benutzen, indem man nämlich mit dem Fernrohr des Universalinstrumentes einfach durch das Objektiv des Stundenachsen-Fernrohres nach dem Kreismikrometer sieht und dessen Durchmesser mittels des Höhen- oder des Azimutkreises des Universalinstrumentes ausmißt. *Kn.*

Einige neue Formen geodätischer Instrumente.

Von Sir Howard Grubb. *Scient. Trans. Roy. Dublin Soc.* **7.** *S. 385. 1902.*

Der Verf. zeigt, wie seine Zielvorrichtung für Geschütze u. s. w. (über die er am 20. März 1901 in der *Roy. Dublin Soc.* vortrug, vgl. denselben Band der *Transact.*) bei geodätischen Instrumenten angewandt werden kann.

Das Prinzip der neuen Einrichtung ist, daß auf einfachem optischen Wege auf die Ebene des Bildes des zu betrachtenden Gegenstandes zugleich das Bild eines seitlich stehenden Linienkreuzes oder dgl. projiziert wird; Kreuz und Gegenstand werden in aller Strenge gleichzeitig in derselben Bildebene gesehen, die Parallaxe ist vermieden.



Die Einrichtung dieser Zielvorrichtung ist die folgende. Auf dem Rohr *AB* (vgl. die Figur), mit dem nach dem anzuzielenden Punkt gesehen wird, das aber kein Fadenkreuz enthält, sitzt das kleine Zylinderrohr *C*, in dem unten die achromatische Linse *O* sich befindet. Der Brennpunkt dieser Linse liegt in dem ebenen Glasplättchen *d*; dieses Diaphragma ist mit opakem Stoff überzogen, doch ist durch diesen Stoff eine beliebige Zeichnung (Strichkreuz, Strich, Kreis, Stern u. s. w.) durchgeschnitten, einer Figur gemäß, die beim Sehen durch das Rohr *AB* im Gesichtsfeld erscheinen soll. Die von den Punkten dieser Figur ausgehenden Strahlen werden nämlich durch den Durchgang durch die Linse parallel gemacht und treffen so auf

die unter 45° geneigte Glasplatte p im Rohr AB. In diesem sieht man gleichzeitig mit dem anzuzielenden Gegenstand das helle Bild jener Linien auf d; eine Verschiebung des Auges vor dem Rohr ändert an der Stellung des Strichkreuzes gegen den Gegenstand nichts, es ist die Parallaxe vermieden und Gegenstand und Strichkreuz werden genau unter denselben Bedingungen gesehen.

In der Figur sind noch drei über einander gelegte Glasplatten p angedeutet; es sollte dadurch der Glanz des Bildes des Strichkreuzes auf dem Diaphragma erhöht werden, ohne die scheinbare Helligkeit des durch AB direkt gesehenen Gegenstands wesentlich zu stören. Seither ergaben Versuche von Prof. Emerson Reynolds und R. Grubb, daß ein besseres Verfahren zur Erreichung dieses Zwecks darin besteht, ein einziges Glas anzuwenden, das mit einem halbdurchsichtigen und stark reflektierenden Film bekleidet wird.

Bekanntlich ist Übereinanderlegung zweier Bilder in anderer Weise bei zahlreichen geodätischen Instrumenten bereits im Gebrauch, z. B. bei den Reflexionsinstrumenten nach Art des Sextanten. Doch glaubt der Verfasser, daß die neue Art für gewisse Instrumente vorteilhaft ist.

Diese neuen Instrumente sollen nicht etwa an die Stelle von Theodolit und Nivellierinstrument treten; es handelt sich vielmehr hauptsächlich um die Freihand-Instrumente zu raschen, vorläufigen und wenig genauen Aufnahmen, die durch Ungeübte, Forschungsreisende u. s. w. gemacht werden sollen, wobei der Beobachter z. B. sogar in der Lesung von Nonien wenig Übung hat.

Der Verf. beschreibt mehrere solche Instrumente, die die neue Zielvorrichtung haben; eingehend einen Meßtischaufsatz, ein Freihandnivellierinstrument, ein Klinometer, endlich eine Prismenbussole. Die Instrumente werden z. T. auf einer Tafel und im Text abgebildet. Zahlreiche weitere Abbildungen finden sich in einem Aufsatz „Neue Formen von geodätischen Freihandinstrumenten", *Engineering* **74.** *S. 33. 1902.*

Bemerkt sei für die Arbeit mit dem Meßtisch noch, daß auch für den Fall, daß die Aufnahme nicht durch Einschneiden der zu messenden Punkte von zwei Standpunkten aus, sondern von *einem* Standpunkt des Meßtischs aus, mit Hülfe eines „Distanzmessers" also, zu machen ist, gesorgt werden kann. Das Diagramm im Diaphragma besteht dann statt aus einem Strichkreuz aus einer bezifferten Skale, deren Bild hell auf dem Bild der auf den einzelnen Punkten vertikal aufzuhaltenden Latte erscheint. Auf dieser Latte sind in bestimmtem festen Abstand voneinander, z. B. 6 Fuß, zwei Marken angebracht und es ist zur Entfernungsbestimmung, horizontale Zielung vorausgesetzt, nur abzulesen, wie viel Skalenteile dem Abstand der beiden Marken entsprechen. Der verwendete Distanzmesser gehört also in die Klasse IIa meiner Einteilung der Parallaxendistanzmesser (vgl. *Zeitschr. f. Vermess.* **20.** *S. 194. 1891*). *Hammer.*

Die Wärmeausdehnung des Quarzes in Richtung der Hauptachse.

Von K. Scheel. *Ann. d. Physik* **9.** *S. 837. 1902.*

Die vorliegende Untersuchung ist veranlaßt durch die in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beabsichtigte Benutzung des Bergkrystalls als Normal für Ausdehnungsbestimmungen nach der Interferenzmethode, da die bisherigen Bestimmungen der Quarzausdehnung nur unvollkommen miteinander im Einklang standen. Die bei den Versuchen benutzte optische Einrichtung ist im wesentlichen die gleiche, wie sie bereits früher von Pulfrich in *dieser Zeitschr.* **13.** *S. 371. 1893* beschrieben wurde. Als einzige Abweichung mag hervorgehoben werden, daß die brechenden Kanten der das Licht zerlegenden Prismen bei Pulfrich horizontal, hier vertikal angeordnet sind. Pulfrich bedarf der horizontalen Lage dieser Kanten, weil bei seiner weiteren Einrichtung das das Fizeausche Tischchen aufnehmende Erhitzungsgefäß senkrecht unter dem Beobachtungsrohr gelegen ist. Versuche mit dieser Anordnung, welche Pulfrich in seiner oben erwähnten Arbeit nicht mitgeteilt hatte, sind später von E. Reimerdes angestellt und in seiner Inaugural-Dissertation (Jena 1896) veröffentlicht.

Bei der vorliegenden Untersuchung ist das Beobachtungsrohr von dem Erhitzungsgefäße vollständig getrennt. Erst 40 *cm* nach Austritt aus den brechenden Prismen fällt der horizontale Lichtstrahl auf ein total reflektierendes Prisma (*T* in Fig. 1), welches ihn senkrecht nach unten auf den Interferenzapparat leitet.

Das Erhitzungsgefäß, welches in Fig. 1 dargestellt ist, unterscheidet sich wesentlich von dem von Pulfrich vorgesehenen und zwar dadurch, daß, während bei Pulfrich das Luftbad durch einen Flüssigkeitsmantel erwärmt wurde, die Temperaturerhöhung hier durch Dampf (Wasserdampf oder Azetondampf) bewerkstelligt wurde, welcher das Luftbad umfloß. Hierdurch läßt sich eine weit bessere Konstanz der Temperatur erreichen und zwar nicht nur im allgemeinen, sondern auch durch die ganze Masse des Luftbades, sodaß Unterschiede in der Temperatur zwischen oben und unten nicht beobachtet werden konnten. Hierzu

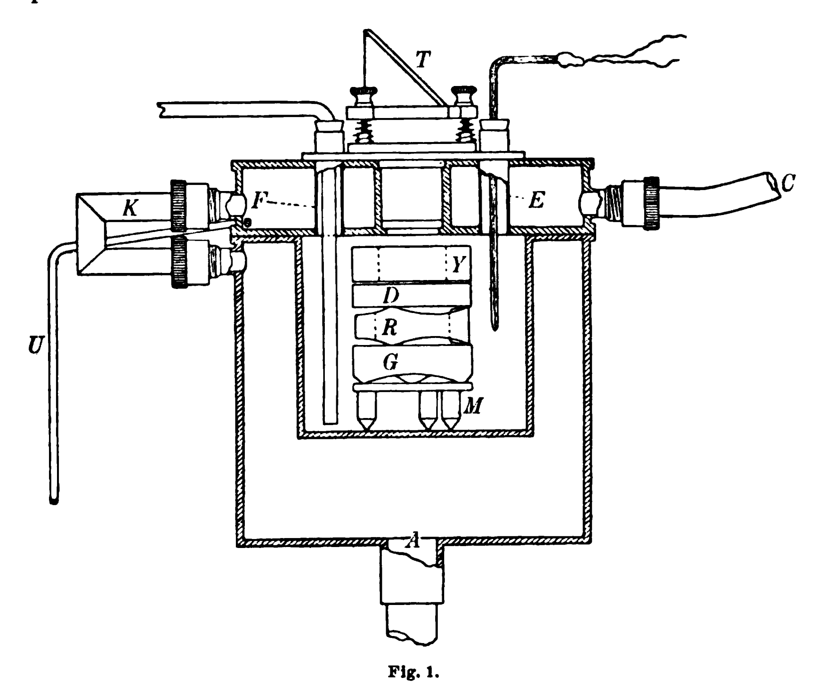


Fig. 1.

trug namentlich der Umstand bei, daß die Erwärmung durch Dampf auch erlaubte, Dampf durch den Deckel des Erhitzungsgefäßes zu schicken und dadurch Wärmeverluste des Luftbades nach oben hin auszuschließen.

Das Erhitzungsgefäß ist demnach ein doppelwandiges zylindrisches Gefäß mit doppeltem Boden und Deckel von insgesamt 13 *cm* Höhe und 14 *cm* Durchmesser. Der Hohlraum, in welchem der Interferenzapparat auf einem Kupfertischchen *M* steht, ist bei einem Durchmesser von 8,5 *cm* 8 *cm* hoch. Der Dampf tritt durch eine Öffnung *A* in der Mitte des Gefäßes von unten her ein, durchströmt den zylindrischen Mantel des Gefäßes und geht von da durch ein Kniestück *K* in den Deckel, aus welchem er durch den Stutzen *C* wieder abgeführt wird. Außer zwei zylindrischen, etwa 1 *cm* weiten Röhren *E* und *F*, die besonderen, später zu erwähnenden Zwecken dienen, während des Versuches aber geschlossen sind, ist der Deckel nur noch in der Mitte durch eine etwa 2 *cm* weite zylindrische Röhre durchsetzt. Diese Öffnung, die oben und unten durch enganschließende Glasplatten abgedeckt ist, ermöglicht den Ein- und Austritt des Lichtstrahles zum Interferenzapparat.

Die Entwickelung des Dampfes geschah in gegen Wärmeverluste durch Umpackung geschützten Metallgefäßen, denen der Dampf nach Austritt aus dem Erhitzungsgefäße durch einen Rückflußkühler wieder zugeführt wurde. Trotz der stets geringen Flüssigkeitsmenge konnte daher die Erhitzung ohne jede Unterbrechung während der Dauer eines Versuches, 6 Stunden und mehr, aufrecht erhalten werden.

Um den Übergang von einer Dampftemperatur auf die andere zu erleichtern und um bei einem solchen Übergang eine Erschütterung des ganzen Aufbaues möglichst zu vermeiden, sind zwei Dampfentwicklungsgefäße vorgesehen, welche nacheinander, und zwar nach Umlegen eines Dreiwegehahnes, in Tätigkeit treten. Etwa von einem Dampf im Deckel des Erhitzungsgefäßes verbliebene Kondensflüssigkeit wurde durch das unter Quecksilberverschluß stehende Röhrchen U abgelassen.

Der Interferenzapparat, welcher in der hier beschriebenen Form bereits von Reimerdes benutzt wurde, besteht aus dem senkrecht zur Achse geschliffenen Quarzring R von 14,6 *mm* Höhe (bei Reimerdes betrug diese Höhe 10 *mm*), ferner einer Grundplatte G und einer Deckplatte D, beide ebenfalls aus Quarz. Der Quarzring ist in der Zeissschen Werkstätte in der Weise hergestellt, daß zunächst ein Vollzylinder senkrecht zur Achse mit ebenen Flächen versehen und dann erst ein Kern ausgebohrt wurde. Der obere und untere Rand wurden dann noch in der in Fig. 2 wiedergegebenen Weise zu je drei kleinen Auflageflächen ausgearbeitet. Da diese Auflageflächen den ursprünglichen Schliffflächen des Vollzylinders angehören, so gewinnt man aus der optischen Untersuchung des Kerns zugleich ein Urteil darüber, wieweit der Schliff des Quarzringes tatsächlich senkreckt zur Achse erfolgt ist. Eine diesbezügliche Messung ergab als Achsenfehler 34′, woraus nur ein weit innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegender Fehler resultiert, sodaß man die für die Ausdehnung des Quarzringes gewonnenen Beobachtungsresultate als für Quarz in Richtung der Hauptachse gültig anzusehen hat.

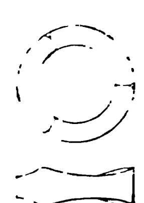


Fig. 2.

Die gleichfalls senkrecht zur Achse plan geschliffene kreisförmige Deckplatte ist schwach keilförmig, um das an ihrer oberen Fläche entstehende Spiegelbild aus dem Gesichtsfelde zu schaffen. An ihrer unteren Fläche, die mit der oberen planen Fläche der Bodenplatte (die untere Fläche ist zur Vermeidung von Reflexen hohl ausgeschliffen) das Interferenzbild ergibt, befindet sich das als feste Marke dienende kleine Silberscheibchen, über dessen Herstellung Pulfrich in seiner oben erwähnten Abhandlung (*S. 371*) berichtet.

Die Interferenzstreifen erscheinen, da die durch die je drei Auflagepunkte gegebenen Flächen des Quarzringes schwach, d. h. um 22″, gegen einander geneigt sind, als gerade Linien in solchem Abstande, daß man die Lage des Silberscheibchens zwischen ihnen mikrometrisch auf etwa 0,01 des Streifenabstandes feststellen kann.

Die Messung der Temperatur des Luftbades und damit des Quarzringes, welche von Reimerdes nach Pulfrichs Vorgang nur indirekt und zwar durch Messung der Temperatur des Flüssigkeitsbades vorgenommen wurde, erfolgte zunächst versuchsweise mit Quecksilberthermometern, mußte aber namentlich wegen des nicht streng in Rechnung zu ziehenden herausragenden Fadens aufgegeben werden. Man verlegte daher die Messung der absoluten Temperatur in den Dampfentwicklungsraum, wo die Quecksilberthermometer ganz in Dampf eintauchten, und bestimmte den Temperaturabfall von dort bis zum Luftbad mit Hülfe eines Thermoelementes Eisen-Konstantan, dessen eine Lötstelle durch die Röhre E (Fig. 1) in das Luftbad eingeführt wurde, und dessen andere Lötstelle sich in unmittelbarer Nähe des Gefäßes des Quecksilberthermometers befand. Um etwaigen Inhomogenitätsströmen im Thermoelemente Rechnung zu tragen, wurden nach jedem Versuche beide Lötstellen im Dampfentwicklungsraume unter den gleichen Bedingungen wie bei der Messung vereinigt und die beobachtete Thermokraft in Rechnung gezogen.

Trotzdem die Bedenken gegen die direkte Messung der Temperatur mit Quecksilberthermometern bei Zimmertemperatur zum Teil fortfielen, wurde indessen auch hier die oben beschriebene Methode zur Temperaturbestimmung zur Anwendung gebracht, weil das Thermoelement den Temperaturänderungen schneller folgt als ein Quecksilberthermometer. Das letztere tauchte dann ganz in Wasser, mit welchem eines der Dampfentwicklungsgefäße zu diesem Zwecke angefüllt war.

Die Verschiebung des Interferenzsystems ist außer von der geometrischen Änderung des von den spiegelnden Flächen eingeschlossenen Luftraumes noch von der Dichte sowie

von etwaigen Verunreinigungen dieser Luft abhängig. Um die letzteren nach Möglichkeit auszuschließen, war durch die Öffnung F im Deckel des Erhitzungsgefäßes ein Glasrohr bis nahe auf den Boden des Hohlraumes eingeführt, dessen freies Ende durch einen Schlauch mit der Luftpumpe verbunden war. Nach Lüftung des das Thermoelement umschließenden Korkes in E wurde dann vor jeder Beobachtungsreihe dem Luftraum frische Luft zugeführt, welche zuerst der Zimmerluft, später dem Garten entnommen wurde; im letzteren Falle wurde die Luft noch durch Schwefelsäure getrocknet. Die Beobachtung erfolgte möglichst bald nach dieser Operation, sobald das gestörte Temperaturgleichgewicht wiederhergestellt war.

Das in F eingeführte Glasrohr vermittelte ferner während der Beobachtung die Verbindung des Luftraumes mit der Außenluft, sodaß sich eine besondere Druckmessung erübrigte, vielmehr nur der Atmosphärendruck in die Rechnung eingeführt zu werden brauchte.

Die Untersuchungen wurden, außer bei Zimmertemperatur, beim Siedepunkt des Wasserdampfes, sowie des Azetons (56° bis 57°) angestellt und zwar derart, daß jede Beobachtung bei höherer Temperatur von zwei Beobachtungen bei Zimmertemperatur eingeschlossen war, um über eventuelle dauernde, während der Erhitzung eingetretene Verschiebungen Aufschluß zu erhalten. In der Tat ergaben sich solche Verschiebungen teilweise in recht beträchtlichem Maße. Der Grund hierfür kann einmal darin liegen, daß beim Aufbau des Quarzsystems zwischen den Auflageflächen des Ringes und der Deck- bezw. Grundplatte Luftreste verbleiben, welche erst allmählich durch Erwärmungen des Systems verschwinden; andererseits kann der Grund für die Verschiebungen aber auch in ungleichmäßigen Temperaturänderungen des Systems beim Anheizen oder Abkühlen gesucht werden. Für die erste Ursache spricht die Veränderung im Aussehen der Auflageflächen vor und nach der Erwärmung, sowie die Erfahrung, daß nach einem Erwärmen trotz vorheriger sorgfältiger Reinigung das System an den Auflageflächen des Ringes weit fester haftete als bei der Montierung.

Durch Beschwerung der Quarzplatte mit einem ringförmigen Gewicht Y konnte man erreichen, daß die dauernde Verschiebung des Streifensystems bereits nach wenigen abwechselnden Erwärmungen und Abkühlungen des Systems auf einen überaus kleinen Betrag reduziert wurde.

Bei den Messungen wurden ausschließlich die eine gelbe, sowie die grüne Quecksilberlinie benutzt, da Beobachtungen mit der violetten Quecksilberlinie wegen ihrer geringen Helligkeit unausführbar, Beobachtungen mit den Wasserstofflinien wegen der geringen Interferenzfähigkeit derselben unmöglich wurden. Man mußte daher von der von Pulfrich *a. a. O.* ausführlich mitgeteilten Abbeschen Methode, die Anzahl der ganzen durch das Gesichtsfeld gewanderten Streifenabstände aus der Beobachtung in mehreren Wellenlängen zu erschließen, Abstand nehmen und mußte die Anzahl der durchs Gesichtsfeld gewanderten Streifen durch direktes Auszählen ermitteln. Die Beobachtungen in gelb und grün stimmten dann innerhalb der Beobachtungsfehler vollständig überein.

Die Beobachtungen wurden zunächst nach einer etwas modifizierten, in ihrer ursprünglichen Form von Pulfrich angegebenen Formel auf den leeren Raum, dann mittels einer in erster Annäherung abgeleiteten Interpolationsformel auf die runden Temperaturen 16°, 56°, 100° reduziert. Die Mittelwerte der Ausdehnung des Quarzringes sind für die unter verschiedenen Bedingungen angestellten drei Beobachtungsreihen hier aufgeführt.

	Zwischen 16° und 56°	Zwischen 16° und 100°
1. Reihe . .	4,507 μ	9,899 μ (halbes Gewicht)
2. „ . .	4,506	9,914
3. „ . .	4,513	9,907
Mittel	4,509 μ	9,908 μ

Stellt man diese Zahlen durch eine Interpolationsformel dar, so ergibt sich unter Berücksichtigung der absoluten Höhe des Quarzringes von 14,582 *mm* die Ausdehnung des Quarzes in Richtung seiner Achse zu

$$l_t = l_0(1 + 7,144 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,008\,15 \cdot 10^{-6} \cdot t^2).$$

Früher wurden für die Ausdehnung folgende Formeln gefunden:

Fizeau $\quad l_t = l_0(1 + 7,10 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,008\,85 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$

Benoît $\quad l_t = l_0(1 + 7,161 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,008\,01 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$

Reimerdes $\quad l_t = l_0(1 + 6,925 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,008\,19 \cdot 10^{-6} \cdot t^2).$

Hieraus ergibt sich eine sehr nahe Übereinstimmung des gefundenen Wertes mit demjenigen von Benoît, indem die pro 1 *m* berechneten Ausdehnungen betragen

	Zwischen 0° und 50°	Zwischen 0° und 100°
Benoît . .	378,1 μ	796,2 μ
Scheel . .	377,6	795,9

Die Abweichung entspricht zwischen 0° und 100° einer Temperaturdifferenz von 0,04° in der Mitteltemperatur von 0,06°. *Schl.*

Über die stehenden Lichtwellen.

Von A. Cotton. *Journ. de phys.* **1.** *S. 689. 1902.*

Verfasser teilt die bei Versuchen zur Herstellung von Beugungsgittern auf photographischem Wege gemachten Erfahrungen über die Wienersche und die Lippmannsche Methode der Erzeugung stehender Wellen mit und geht auch auf einzelne theoretische Fragen ein.

Bei der Reflexion eines *parallelstrahligen einfarbigen* polarisierten Strahlenbüschels, dessen Schwingungen senkrecht zur Einfallsebene verlaufen, an einem ebenen Spiegel (z. B. Planspiegel von schwarzem Glase) entstehen durch Interferenz zwischen dem einfallenden und dem reflektierten Teile des Büschels Interferenzebenen („stehende Lichtwellen"), die, der Spiegelebene parallel, den ganzen, beiden Büscheln gemeinsamen Raum in gleichen Abständen durchsetzen. Läßt man das Licht fast streifend auf den Spiegel fallen, so wird der Abstand je zweier Interferenzebenen so groß, daß man ihn mit einer Lupe erkennen kann, mit welcher man parallel der Spiegelebene nach der Lichtquelle hinsieht. Mit abnehmendem Einfallswinkel nimmt der Abstand der Interferenzebenen schnell ab, eine Erscheinung, die sich mit einem Mikroskop leicht verfolgen läßt. Die Schnitte der Interferenzebenen mit der Objektebene des Mikroskopes stellen sich als System paralleler Interferenzstreifen dar. Der Sonderfall, daß der einfallende Strahl auf dem reflektierten senkrecht steht, ist von Wiener zur Photographie der stehenden Lichtwellen benutzt worden. Verfasser konnte auch in diesem Falle die Streifen im Mikroskop ohne Mühe beobachten, obwohl deren Abstand nur etwa $^5/_7$ einer Wellenlänge des benutzten Lichtes (grüne Hg-Linie) ist. Darauf wird die Abhängigkeit der Lage der Interferenzebenen von der Richtung der Schwingungsebene und dem Einfallswinkel des Lichtbüschels erörtert und wie folgt zusammengefaßt:

„Die zwei an einem einzigen Glasspiegel im Mikroskop zu beobachtenden Streifensysteme, die den beiden Hauptorientierungen des Nicols entsprechen, sind komplementär für alle Einfallswinkel von 0 (senkrechter Einfall) bis zum Brewsterschen Polarisationswinkel (φ = arc tg n, wo n der Brechungsquotient des reflektierenden Spiegels ist), sie fallen dagegen zusammen bei schrägerem Einfall."

Die Erzeugung stehender Lichtwellen mit Hülfe eines *konvergenten* Strahlenbüschels würde eine wesentlich schwierigere Aufgabe sein, deren Lösung allerdings die Mittel zum experimentellen Studium der Ausbreitung sphärischer Wellen liefern würde. Die grund-

sätzlichen theoretischen und praktischen Schwierigkeiten werden ausführlich erörtert. Die dabei aufgeworfene Frage, ob es möglich wäre, mit Hülfe sphärischer Wellen eine Entscheidung über die Richtigkeit der Fresnelschen oder Neumannschen Lichttheorie herbeizuführen, wird verneint.

Schließlich gibt der Verfasser auf Grund seiner eigenen Erfahrungen für die Wienersche und die Lippmannsche Methode der Photographie stehender Lichtwellen genaue Anweisungen (Wahl der Lichtarten, Rezepte für die Herstellung der Platten, Winke für die Entwickelung u. s. w.), die für jeden, der sich mit der Ausführung dieser Versuche beschäftigen will, von Nutzen sein werden. *Lö.*

Über Interferenzen dünner Blättchen in der Nähe der Totalreflexion.

Von J. Macé de Lépinay. *Journ. de phys.* **1.** *S. 491. 1902.*

Interferenzkurven gleicher Dicke in einer keilförmigen Luftschicht sind ein System paralleler Geraden. Dabei findet von einer dunkelen Linie zur anderen eine stetige Zunahme der Intensität bis zu einem Maximum und von da an eine stetige Abnahme statt. Diese Erscheinung ändert sich, sie wird von einem zweiten System feinerer, scheinbar unregelmäßig verteilter Linien überlagert, wenn man das Licht unter einem dem Grenzwinkel der Totalreflexion nahe kommenden Winkel auf die Luftschicht auffallen läßt, sodaß es in derselben fast streifend, d. h. fast parallel den Keilflächen verläuft. Dann wird vermöge der schrägen Inzidenz ein Lichtbündel auch nach mehrfacher Reflexion innerhalb des Keiles noch eine merkliche Intensität haben; da es außerdem bei seinem zweiten, dritten u. s. w. Auftreffen auf die Eintrittsfläche immer größere Winkel mit derselben bildet, so sind die Verhältnisse hier wesentlich verwickelter als in dem gewöhnlich betrachteten Falle nahezu senkrecht einfallenden Lichtes. Es ist insbesondere nicht mehr angängig, die entstehende Interferenzerscheinung nur unter Berücksichtigung der im Keile *einmal* reflektierten Lichtbüschel erklären zu wollen. Der Verfasser hat, da sich für die Intensität in einem beliebigen Punkte kein hinreichend einfacher allgemeiner Ausdruck aufstellen ließ, die Intensitätsverteilung zwischen zwei dunkelen Kurven gleicher Dicke für einzelne besonders einfache Fälle berechnet und stellt sie mit den Intensitäten als Ordinaten und den Gangunterschieden als Abszissen graphisch dar. Die sich ergebenden Kurven weisen eine Anzahl ausgesprochener Maxima und Minima auf, die den sekundären hellen und dunkelen Interferenzkurven entsprechen.

In dem Falle, wo das Licht im Inneren des Keiles senkrecht auf die Kante desselben zu verläuft, ergibt sich eine andere Verteilung der sekundären Kurven, als in dem, wo das Licht von der Keilkante sich entfernt. Verläuft das Licht schließlich parallel der Kante, so trifft ein jeder Lichtstrahl auch nach mehrfacher Reflexion immer noch unter demselben Winkel auf die Eintrittsfläche auf, wie nach der ersten Reflexion, und es entsteht kein sekundäres System von Interferenzkurven.

Die besprochenen drei Fälle samt allen stetigen Übergängen treten gleichzeitig in Erscheinung, wenn man die Interferenz zwischen einer Ebene und einer Kugelfläche entstehen läßt.

Verfasser gibt zwei wohlgelungene Photographien der in diesem Falle auftretenden Interferenzringe. Über den Ort der Erscheinung im Raume wird nur mitgeteilt, daß er von dem Einfallswinkel des Lichtbündels gegen die erste interferierende Fläche abhängt, und daß infolgedessen eine sorgfältige Justierung des zur Beleuchtung dienenden Kollimators für die Sichtbarkeit der Erscheinung von größter Bedeutung ist.

Die fragliche Interferenzerscheinung ist bereits vor 50 Jahren von Jamin beobachtet worden und findet hier ihre erste Erklärung. *Lö.*

Neu erschienene Bücher.

O. Dietrichkeit, Siebenstellige Logarithmen und Antilogarithmen aller vierstelligen Zahlen und Mantissen von 1000 bis 9999 bezw. 0000 bis 9999, mit Rand-Index und Interpolations-Einrichtung für vier- bis siebenstelliges Schnell-Rechnen. gr. 8°. 64 S. Berlin, J. Springer 1903. Geb. in Leinw. 3,00 M.

Das Wesentliche an dieser kleinen Tafel ist der nach englischem Vorbilde angebrachte „Randindex“, eine ähnliche Vorrichtung, wie z. B. das an Adressenverzeichnissen u. ä. angebrachte Alphabet, wodurch ein schnelleres Aufschlagen der gewünschten Buchseite ermöglicht wird. Über die praktische Brauchbarkeit der an sich sinnreichen Interpolationseinrichtung, welche die Verwendung von Interpolationstäfelchen ersparen läßt, könnte man erst nach längerem Gebrauch ein Urteil fällen.

Da die Tafel auf die goniometrischen Funktionen keine Rücksicht nimmt, auch andere oft gebrauchte Hülfstafeln (Vielfache von π, Quadratzahlen u. s. w.) nicht enthält, so ist ihre Verwendbarkeit von vornherein beschränkt. Dagegen kann man sonderbarer Weise auf *S. 13* die Logarithmen der Zinsfaktoren auf *achtzehn* Dezimalen, auf *S. 32* die *fünfzehnstelligen* Logarithmen der Zahlen 1 bis 99, auf *S. 54* die *fünfzehnstelligen* Numeri der Logarithmen 00 bis 99, auf *S. 33* gar *fünfundzwanzigstellige* Vielfache des Modulus des Briggschen Systems finden.

Die „Gebrauchsanweisung“ sowie das Kapitel „Anderweitige Interpolations- und Rechenmethoden“ sind unnötig breit angelegt; die „Wissenschaftlichen Bemerkungen“ am Schluß, einer Abhandlung des Verf. aus der Zeitschrift für Mathematik und Physik entnommen, enthalten eine zum Teil ungemein umständliche Ableitung einiger einfacher Interpolationsformeln, ein nach Ansicht des Ref. überflüssiger Ballast der kleinen Tafel.

Wenn endlich, wie es der Verf. in der Vorrede empfiehlt, die Tafel auch für Schulzwecke Verwendung finden soll, so dürfen Fehler in den Lehrsätzen unter keinen Umständen vorkommen. *S. 10* steht aber zu lesen: „Der Logarithmus der Potenz einer Zahl ist gleich dem Logarithmus der Zahl multipliziert mit der Potenz“. *Rt.*

E. Mach, Populär-wissenschaftl. Vorlesungen. 3. verm. u. durchgeseh. Aufl. 8°. XI, 403 S. m. 60 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1903. 6,00 M.; geb. in Leinw. 6,80 M.

E. Niethammer, Elektrotechn. Praktikum. gr. 8°. XIV, 370 S. m. 523 Abbildgn. Stuttgart, F. Enke 1902. 9,00 M.; geb. in Leinw. 10,00 M.

C. Oppenheimer, Grundriß d. organ. Chemie. 3. Aufl. 8°. VIII, 128 S. Leipzig, G. Thieme 1902. Kart. 2,40 M.

H. M. Macdonald, *Electric Waves.* 8°. 200 S. m. Fig. London 1902. Geb. in Leinw. 10,50 M.

L. Marchis, *Leçons sur les méthodes de mesures industrielles des Courants continus.* 4°. 568 S. m. Fig. Paris 1902. 13,00 M.

Handbuch d. anorganischen Chemie. Hrsg. v. Dr. O. Dammer. IV. Bd. Die Fortschritte der anorgan. Chemie in den J. 1892—1902. gr. 8°. XIV, 1023 S. Stuttgart, F. Enke 1903. 18,00 M.

Vorschriften üb. die Prüfung u. Bestellung der öffentlichen Feldmesser u. die Ausführg. der Vermessungsarbeiten im Königreich Württemberg. 8°. III, 52 S. Stuttgart, W. Kohlhammer 1903. 0,90 M.

W. Vaubel, Lehrb. d. theoretischen Chemie. 2 Bde. gr. 8°. Berlin, J. Springer 1903. 32,00 M.; geb. in Leinw. 35,00 M.

1. Materie u. Energie. — Molekül u. Lösung. XIII, 736 S. m. 147 Textfig. u. 1 Taf. —
2. Zustandsänderungen u. chemische Umsetzungen. XXI, 793 S. m. 75 Textfig. u. 1 Taf.

J. Ward, *Colour harmony and contrast.* roy. 8°. 150 S. m. 16 farb. Taf. u. 11 Diagrammen. London 1902. Geb. in Leinw. 10,80 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. **Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. A. **Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. E. **Abbe**, Dr. H. **Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. St. **Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **April 1903.** Viertes Heft.

Elektrometrische Untersuchungen.

Von
E. Orlich.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

I. Einleitung. Historisches.

Die Formel für den Ablenkungswinkel α der Nadel eines Quadrantenelektrometers wird gewöhnlich in der von Maxwell aufgestellten Form angegeben

$$\alpha = C(Q_1 - Q_2)\left(N - \frac{1}{2}(Q_1 + Q_2)\right) \quad \ldots \ldots \quad 1)$$

Darin bedeuten

C eine Konstante,

N die Potentialdifferenz zwischen Nadel und Gehäuse,

Q_1, Q_2 die Potentialdifferenzen zwischen jedem der beiden Quadrantenpaare und dem Gehäuse.

Diese Formel wurde von Hallwachs[1]) dadurch vervollständigt, daß er auf die Kontaktpotentialdifferenz der Metalle Rücksicht nahm.

Berechnet man die Konstante C nach der Formel 1) für verschiedene Werte der N, Q_1, Q_2, so erhält man z. T. außerordentlich verschiedene Zahlen. Hopkinson[2]) und später Ayrton, Perry und Sumpner[3]) haben diese Abweichungen zuerst bemerkt und empirisch eine Formel aufgestellt, welche bei bestimmten Schaltungen die Abhängigkeit des C vom Nadelpotential zum Ausdruck brachte. Die von denselben Autoren versuchte Erklärung der Erscheinung ist aber nicht als stichhaltig anzusehen.

Eine richtige Erklärung wurde von Gouy[4]) gegeben, der darauf hinwies, daß für den Fall der Nadelschaltung bei der Ablenkung der Nadel elektrostatische Richtkräfte auftreten müssen, die in der alten Maxwellschen Formel nicht berücksichtigt sind. Einige Versuche von Gouy und später von Chauveau[5]), die allerdings nur mit verhältnismäßig einfachen Mitteln angestellt sind, zeigen, daß der von Gouy eingeschlagene Weg der richtige ist.

Im folgenden ist die Gouysche Theorie vervollständigt und eingehend durch den Versuch geprüft worden.

---

[1]) Hallwachs, *Wied. Ann.* **29.** *S. 1. 1886.*
[2]) Hopkinson, *Proc. of the phys. Soc.* **7.** *S. 7. 1885.*
[3]) Ayrton, Perry und Sumpner, *Philos. Trans.* **182,** *I. S. 519. 1891.*
[4]) Gouy, *Journ. de phys.* **7.** *S. 97. 1888.*
[5]) Chauveau, *Journ. de phys.* **9.** *S. 524. 1900.*

II. Theoretisches.

Bedeuten N, Q_1 und Q_2 die Potentiale der Nadel, des ersten und des zweiten Quadrantenpaares gegen das Gehäuse, so ist die potentielle Energie des ganzen Systems gegeben durch die vollständige quadratische Funktion

$$E = A_0 N^2 + A_1 Q_1^2 + A_2 Q_2^2 + B_0 Q_1 Q_2 + B_1 N Q_1 + B_2 N Q_2 \quad . \; . \; . \quad 2)$$

A_0, A_1 ... hängen von der Größe und gegenseitigen Lage der einzelnen Elektrometerteile ab.

Bedeuten weiter V_0, V_1, V_2 die Potentiale, die von außen an Nadel und Quadranten gelegt werden, so ist zu setzen

$$N = V_0 + p_0 \qquad Q_1 = V_1 + p_1 \qquad Q_2 = V_2 + p_2,$$

worin p_0, p_1, p_2 die Kontaktpotentialdifferenzen von Nadel und Quadrantenpaaren sind, d. h. die Potentialdifferenzen zwischen Gehäuse einerseits, Nadel und Quadranten andererseits, die durch die Verschiedenheit der Metalle, aus denen der Apparat gebaut ist, hervorgerufen werden. Daher ist

$$\begin{aligned} E &= A_0 (V_0 + p_0)^2 + A_1 (V_1 + p_1)^2 + A_2 (V_2 + p_2)^2 \\ &\quad + B_0 (V_1 + p_1)(V_2 + p_2) + B_1 (V_0 + p_0)(V_1 + p_1) + B_2 (V_0 + p_0)(V_2 + p_2) \\ &= A_0 V_0^2 + A_1 V_1^2 + A_2 V_2^2 \\ &\quad + B_0 V_1 V_2 + B_1 V_0 V_1 + B_2 V_0 V_2 + C_0 V_0 + C_1 V_1 + C_2 V_2 + H \end{aligned}$$

wo

$$\left.\begin{aligned} C_0 &= 2 A_0 p_0 + B_1 p_1 + B_2 p_2 \\ C_1 &= B_1 p_0 + 2 A_1 p_1 + B_0 p_2 \\ C_2 &= B_2 p_0 + B_0 p_1 + 2 A_2 p_2 \end{aligned}\right\} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 3)$$

und H ein von den V unabhängiges Glied bedeutet.

Erfährt die Nadel eine Ablenkung um den Winkel α, so ist das Drehmoment, das die elektrischen Kräfte ausüben, gegeben durch $\partial E / \partial \alpha$. Für die Differentiation ist zu bedenken, daß nur die Koeffizienten A, B, C von α abhängen, und zwar ist in erster Annäherung, wenn a_0 ... Konstanten bezeichnen,

$$\frac{\partial A_0}{\partial \alpha} = a_0 + a_0' \alpha$$

$$. \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; .$$

$$\frac{\partial C_2}{\partial \alpha} = c_2 + c_2' \alpha.$$

Den elektrischen Kräften wird durch die Torsion des Aufhängedrahtes das Gleichgewicht gehalten; man kann also setzen

$$\begin{aligned} \alpha = \; & a_0 V_0^2 + a_1 V_1^2 + a_2 V_2^2 + b_0 V_1 V_2 + b_1 V_0 V_1 + b_2 V_0 V_2 + c_0 V_0 + c_1 V_1 + c_2 V_2 \\ & + \alpha \left[a_0' V_0^2 + a_1' V_1^2 + a_2' V_2^2 + b_0' V_1 V_2 + b_1' V_0 V_1 + b_2' V_0 V_2 + c_0' V_0 + c_1' V_1 + c_2' V_2\right]. \end{aligned}$$

Dabei ist das konstante Glied H weggelassen, was durch geeignete Wahl derjenigen Nadelstellung, von der aus α gerechnet wird, erreichbar ist. Um nämlich $H = 0$ setzen zu können, hat man diese Stellung so zu wählen, daß für $V_0 = V_1 = V_2 = 0$ auch $\alpha = 0$ wird.

Der in der eckigen Klammer stehende Ausdruck ist in der Maxwellschen Ableitung vollständig vernachlässigt worden; er hat die Bedeutung, daß außer den *konstanten* elektrischen Kräften eine andere Art von elektrischen Kräften auftreten muß, die der Größe des Ablenkungswinkels proportional sind und die, sobald sie nennenswerte Beträge erreichen, durch eine Änderung der Schwingungsdauer der Nadel sich bemerkbar machen müssen (vgl. Gouy, *a. a. O.*).

Es wird nun die plausible Annahme gemacht, daß die Größe dieser durch die eckige Klammer ausgedrückten Richtkraft in Bezug auf V_1 und V_2 vollständig symmetrisch ist, und daß bei ihr nur die quadratischen Glieder in Frage kommen. Demnach vereinfacht sich die Gleichung in

$$\left.\begin{aligned} & a_0 V_0^2 + a_1 V_1^2 + a_2 V_2^2 + b_0 V_1 V_2 + b_1 V_0 V_1 + b_2 V_0 V_2 \\ & \quad + c_0 V_0 + c_1 V_1 + c_2 V_2 \\ & = \alpha\,[1 + \mathfrak{A} V_0^2 + \mathfrak{B}(V_1^2 + V_2^2) + \mathfrak{C} V_0 (V_1 + V_2) + \mathfrak{D} V_1 V_2] \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad 4)$$

Durch die Annahme gewisser Symmetrieverhältnisse vereinfacht sich die linke Seite der Gleichung zu der von Hallwachs aufgestellten Form

$$(V_1 - V_2 + p_{12})\left(V_0 - \frac{1}{2} V_1 - \frac{1}{2} V_2 + p_0\right).$$

Diese Annahme ist im folgenden *nicht* gemacht; daher braucht auch die von Hallwachs geforderte Justierungsvorschrift nicht erfüllt zu sein, wonach bei Verbindung der Quadranten mit dem Gehäuse entgegengesetzt gleiche Ladungen der Nadel auch entgegengesetzt gleiche Ablenkungen hervorrufen.

Die experimentelle Bestätigung der Formel 4) sowie die Bestimmung ihrer Konstanten erfolgt auf zwei Wegen.

III. Apparate.

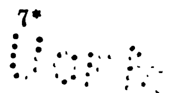
Die Messungen wurden mit einem von H. Stieberitz in Dresden angefertigten Quadrantenelektrometer nach Hallwachs ausgeführt. Die Nadel bestand aus Aluminiumblech von 0,1 *mm* Dicke, ihr Längsdurchmesser betrug 53 *mm*; das bewegliche System hing an einem Wollaston-Draht von 0,01 bis 0,02 *mm* Durchmesser. Um Nachwirkungserscheinungen (Kriechen der Nadel) auszuschließen, hat man auf die Behandlung des Fadens und die Art der Aufhängung große Sorgfalt zu verwenden. Um an der Aufhängestelle sowohl einen guten metallischen Kontakt, als auch eine feste, sichere mechanische Klemmung des feinen Drahtes zu erzielen, verfuhr man folgendermaßen. Nachdem die Hülle des Drahtes mit verdünnter Salpetersäure abgeätzt war, wurde ein dünnes etwa 2 *mm* breites Platinblech durch einen elektrischen Strom in helle Rotglut gebracht; legt man nun die Enden des Aufhängedrahtes senkrecht zur Längsrichtung des Bleches auf das glühende Blech, so werden dadurch die Fadenenden an das Blech geschweißt. Man schneidet nun nach Ausschalten des Stromes das Blech auseinander, sodaß der Faden an den Enden zwei kleine, einige *qmm* große Bleche trägt, an denen man den Draht zwischen flachen Backen sicher einklemmen kann. Vor dem Einhängen des Drahtes wird derselbe mittels eines elektrischen Stromes ausgeglüht, wobei inhomogene Stellen (z. B. Knicke) sofort erkennbar werden. Es empfiehlt sich, nur Drähte zu verwenden, die ganz gleichmäßig glühen. Diese werden in der von Hallwachs beschriebenen Weise in das Elektrometer eingeführt.

Hat sich der Draht noch einige Tage „ausgehängt“, so läßt Nachwirkungslosigkeit und Konstanz der Empfindlichkeit nichts zu wünschen übrig.

IV. Schwingungsversuche.

Bei diesen Versuchen ist der Flügel der Luftdämpfung vom beweglichen System abgenommen.

Die Schwingungsdauer wurde mittels eines Sekundenpendels und eines Chronographen gemessen; gleichzeitig wurde das Dämpfungsverhältnis bestimmt.



a) Die beiden Quadranten sind mit dem Gehäuse verbunden, d. h.

$$V_1 = V_2 = 0.$$

Die Spannung V_0 wird variiert und für jedes V_0 die zugehörige Schwingungsdauer der Nadel bestimmt. Um V_0 leicht variieren und messen zu können, wurde eine Akkumulatorenbatterie von 600 Volt Spannung an einen Präzisionswiderstandskasten von 300000 Ohm gelegt und die Spannung V_0 von Unterabteilungen dieses Widerstandes abgezweigt. Da nach Formel 4) bei der Ablenkung der Nadel eine Direktionskraft vom Betrage $(1 + \mathfrak{A} V_0^2)$ auftritt, so ist zu setzen

$$\frac{1}{\tau^2} = k [1 + \mathfrak{A} V_0^2],$$

worin τ die Schwingungsdauer der Nadel ohne Dämpfung, k eine Konstante bedeutet. Es wurden Messungen bei vier verschiedenen Spannungen V_0 vorgenommen und daraus k und $\mathfrak{A}$ nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Die Resultate sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tabelle 1.

V_0 Volt	T Sek.	Λ	Λ/T	$1/\tau^2$ beob.	$1/\tau^2$ berech.	Diff. %
0	10,43	0,1381	0,01324	0,00928	0,00923	+ 0,5
199,2	9,32	0,1233	0,01323	0,01160	0,01164	— 0,3
401,6	7,27	0,0967	0,01336	0,01899	0,01903	— 0,2
601,5	5,67	0,0759	0,01339	0,03123	0,03121	+ 0,1

V_0 Potentialdifferenz zwischen Nadel und Gehäuse, T beobachtete Schwingungsdauer, Λ logarithmisches Dekrement, $\Lambda/T = p$ Dämpfungsmoment (vgl. Kohlrausch, Lehrbuch d. prakt. Physik. 9. Aufl. *S. 448*), τ Schwingungsdauer, die ohne Dämpfung gelten würde.

Die vorletzte Spalte ist berechnet aus

$$0{,}00923 [1 + 6{,}583 \cdot 10^{-6} V_0^2], \quad \text{d. h.} \quad \mathfrak{A} = 6{,}583 \cdot 10^{-6}.$$

Im Anschluß an diese Schwingungsversuche wurden, ohne an dem Instrument irgend welche Änderung zu machen, Ablenkungsversuche in der später beschriebenen Weise (vgl. Abschn. Va) vorgenommen. Aus denselben wurde gefunden

$$\mathfrak{A} = 6{,}610 \cdot 10^{-6}.$$

Diese beiden Methoden liefern Zahlen, die gut miteinander stimmen.

b) Die Potentialdifferenz zwischen Nadel und beiden Quadrantenpaaren ist wie unter a) gleich Q; aber die Quadrantenpaare sind nicht mehr auf dem Potential Null, sondern auf einem höheren Potential P:

$$V_1 = V_2 = P \qquad V_0 = P + Q,$$

wo P verändert wird und Q konstant gelassen wird. Man erhält

$$\frac{1}{\tau^2} = k [1 + \mathfrak{A} Q^2 + 2 (\mathfrak{A} + \mathfrak{C}) P Q + (\mathfrak{A} + 2 \mathfrak{B} + 2 \mathfrak{C} + \mathfrak{D}) P^2].$$

Der Versuch ergab

Q Volt	P Volt	T Sek.
400	+ 200	7,28
400	+ 100	7,29
400	0	7,27
400	— 100	7,28
400	— 200	7,29



d. h. T ist von P unabhängig, oder

$$\mathfrak{A} + \mathfrak{C} = 0$$
$$\mathfrak{A} + 2\mathfrak{B} + 2\mathfrak{C} + \mathfrak{D} = 0,$$

folglich

$$2\mathfrak{B} + \mathfrak{D} = \mathfrak{A}.$$

c) Nadel und Gehäuse wurden miteinander verbunden und die beiden Quadrantenpaare auf entgegengesetzt gleiche Potentiale gebracht:

$$V_0 = 0 \qquad V_1 = +P \qquad V_2 = -P;$$

mithin ist nach Formel 4) die Direktionskraft proportional

$$1 + (2\mathfrak{B} - \mathfrak{D})\, P^2$$

und

$$\frac{1}{\tau^2} = k\,[1 + (2\mathfrak{B} - \mathfrak{D})\, P^2].$$

Die Versuchsergebnisse enthält die Tab. 2

Tabelle 2.

V_0 Volt	P Volt	T Sek.	$\varLambda$	$\varLambda/T$	$1/\tau^2$ beob.	$1/\tau^2$ berech.	Diff. %
0	0	10,45	0,1390	0,01331	0,00926	0,00917	+ 0,9
0	99,7	6,04	0,0804	0,01331	0,02749	0,02745	+ 0,1
0	199,2	3,495	0,0474	0,01355	0,0820	0,0822	— 0,2
0	298,8	2,401	0,0335	0,01397	0,1736	0,1735	— 0,1

$1/\tau^2$ ist berechnet nach der Formel

$$\frac{1}{\tau^2} = 0{,}00917\,[1 + 2{,}009 \cdot 10^{-4}\, P^2], \quad \text{d. h.} \quad 2\mathfrak{B} - \mathfrak{D} = 2{,}009 \cdot 10^{-4}.$$

Aus Ablenkungsversuchen, die ebenfalls am Instrument ohne Dämpferflügel in der in Abschn. V b) beschriebenen Weise vorgenommen wurden, ergab sich

$$2\mathfrak{B} - \mathfrak{D} = 1{,}993 \,.\, 10^{-4}.$$

Namentlich die Versuche c) zeigen, daß die elektrischen Direktionskräfte eine keineswegs zu vernachlässigende Rolle spielen. Die Schwingungsdauer der Nadel geht bei dieser Schaltung von 10,4 bis auf 2,4 Sekunden herunter. Von Interesse ist auch das berechnete $\varLambda/T$; diese Größe ist proportional dem Faktor, der mit der jeweiligen Winkelgeschwindigkeit zu multiplizieren ist, um das die Bewegung dämpfende Drehmoment zu erhalten. Wie man aus Tab. 1 u. 2 sieht, ist dieser Faktor nicht ganz konstant, sondern läßt mit wachsender Spannung einen schwachen Anstieg erkennen, der dadurch erklärt werden kann, daß während des Schwingens in der Nadel und den Quadranten schwache Ströme fließen müssen, welche bei steigender Spannung das Dämpfungsmoment vergrößern. Generalisiert man die unter b) erhaltenen Resultate, so erhält die Direktionskraft (vgl. Formel 4) die Gestalt

$$D = 1 + \mathfrak{A}\,(V_0 - V_1)(V_0 - V_2) + \mathfrak{B}\,(V_1 - V_2)^2 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 5)$$

Diese vereinfachte Form, deren Konstanten aus den Versuchen a) und c) gefunden werden, kann auch theoretisch direkt abgeleitet werden, sobald man annimmt, daß die auf die Nadel wirkenden Kräfte nicht von der *absoluten* Höhe der Potentiale, sondern lediglich von den *Potentialdifferenzen* zwischen Nadel und den beiden Quadrantenpaaren abhängen. Diese Annahme wurde zunächst nicht gemacht, weil, wie später gezeigt werden wird, bei der idiostatischen Schaltung (Doppelschaltung) Abweichungen von der Formel 5) auftreten, die eine experimentelle Bestimmung sämtlicher Konstanten der Direktionskraft erforderlich machten (vgl. Abschn. V c).

V. Ablenkungsversuche.

Nachdem durch die bisherigen Versuche die Existenz einer elektrischen Direktionskraft bewiesen ist, wurde eine Reihe von Ablenkungsversuchen an dem mit einer *Luftdämpfung* versehenen Instrument vorgenommen. Wenn man dabei in geeigneter Weise kommutiert, so braucht man, wie sich zeigen wird, überhaupt keine Symmetrieverhältnisse anzunehmen.

Um möglichst genaue Werte zu erhalten, wurde wie früher (vgl. IVa) eine höhere Akkumulatorenspannung an einen Präzisionswiderstandskasten gelegt. Die Potentiale, auf welche die einzelnen Elektrometerteile gebracht werden sollten, wurden durch Abzweigen von diesem Kasten gewonnen, sodaß die relativen Werte der Spannungen mit großer Genauigkeit aus den Werten der Widerstände berechenbar sind. Als zweckmäßig für diese Versuche erwies sich der bereits erwähnte Kasten von 300000 Ohm Gesamtwiderstand, der zwischen den einzelnen Dekaden Unendlichkeitsstöpsel enthielt. Zum Kommutieren wurden zwei auf derselben Grundplatte montierte Kommutatoren mit je 4 Näpfen benutzt. Von denjenigen Näpfen, die in den folgenden Figuren mit N, G, Q_1, Q_2 bezeichnet sind, führen Leitungen zu Nadel, Gehäuse und den beiden Quadrantenpaaren des Elektrometers.

a) Quadrantenschaltung.

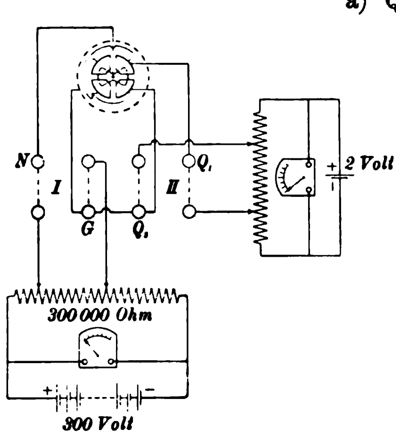


Fig. 1.

Die Nadel befindet sich auf hohem Potential, ein Quadrantenpaar liegt an Erde, das andere ist auf niedrigem Potential, sodaß es in dem Ausdruck für die Direktionskraft ebenfalls vernachlässigt werden kann. Danach vereinfacht sich Formel 4) und 5) in

$$a_0 V_0^2 + a_1 V_1^2 + b_1 V_0 V_1 + c_0 V_0 + c_1 V_1 = D\alpha = (1 + \mathfrak{A} V_0^2)\,\alpha.$$

Die Schaltung geht aus Fig. 1 hervor.

In dem folgenden Schema ist in selbstverständlicher Weise kenntlich gemacht, wie sich beim Kommutieren die einzelnen Vorzeichen in der Formel ändern; $\alpha\ \beta\ \gamma\ \delta$ sind die Ausschläge.

Stellung des Kommutators I	Stellung des Kommutators II	$a_0 V_0^2$	$+\ a_1 V_1^2$	$+\ b_1 V_0 V_1$	$+\ c_0 V_0$	$+\ c_1 V_1$	
		+	+	−	+	−	$= D\alpha$
		+	+	+	−	−	$= D\beta$
		+	+	−	−	+	$= D\gamma$
		+	+	+	+	+	$= D\delta$

folglich

$$(\alpha - \beta + \gamma - \delta)\, D = -4\, b_1 V_0 V_1 \quad \ldots\ldots\ 6)$$

$$(\alpha - \beta - \gamma + \delta)\, D = 4\, c_0 V_0 \quad \ldots\ldots\ 7)$$

$$D = 1 + \mathfrak{A} V_0^2 \quad \ldots\ldots\ 8)$$

Verbindet man Q_1 mit dem Gehäuse und bringt Q_2 auf ein niedriges Potential, so erhält man durch ein ähnliches Schema

$$(\alpha' - \beta' + \gamma' - \delta')\, D = -4\, b_2 V_0 V_2 \quad \ldots\ldots\ 6a)$$

$$(\alpha' - \beta' - \gamma' + \delta')\, D = 4\, c_0 V_0 \quad \ldots\ldots\ 7a)$$

Man kann also mittels dieser Schaltung die Konstanten

$$b_1 \quad b_2 \quad c_0 \quad \mathfrak{A}$$

finden. Die Ergebnisse der Versuche sind in der folgenden Tab. 3 zusammengestellt.

Tabelle 3.

V_0 Volt	V_1 Volt	$\frac{1}{2}(\alpha - \beta + \gamma - \delta)$	$\alpha - \beta - \gamma + \delta$	$-\frac{D}{b_1}$
102,3	0,6633	157,6	— 14,5	0,861
102,4	1,106	262,7	— 14,3	0,862
102,3	1,548	368,0	— 14,8	0,861
204,5	0,6633	267,8	— 24,4	1,013
306,8	0,4422	214,1	— 29,4	1,267
306,7	0,884	428,2	— 29,4	1,267
V_0 Volt	**V_2 Volt**	**$\frac{1}{2}(\alpha' - \beta' + \gamma' - \delta')$**	**$\alpha' - \beta' - \gamma' + \delta'$**	**$\frac{D}{b_2}$**
306,7	0,884	— 428,1	— 29,4	1,266
204,3	0,663	— 267,1	— 24,4	1,014
102,1	1,104	— 262,0	— 14,2	0,861

Die letzte Spalte enthält die Konstante der Maxwellschen Gleichung; man sieht daraus, daß man ihre Abhängigkeit von V_1 bezw. V_2 vernachlässigen kann, daß dagegen der Wert von V_0 von erheblichem Einfluß ist. Faßt man die Versuche, die mit demselben V_0 angestellt wurden, zusammen, so erhält man die folgende Tabelle.

Tabelle 3a.

V_0 Volt	$\pm\frac{D}{b}$ beob.	$\pm\frac{D}{b}$ berech.	$\alpha - \beta - \gamma + \delta$	c_0
102,3	$0,861_2$	$0,861_5$	— 14,4	— 0,0374
204,4	$1,013_5$	$1,013_3$	— 24,4	— 0,0372
$306,7_5$	$1,267_0$	$1,267_1$	— 29,4	— 0,0374
			Mittel:	— 0,0373

Die dritte Spalte ist berechnet aus der durch Ausgleichung gefundenen Formel

$$\frac{D}{b} = 0{,}8107\left\{1 + 5{,}983 \cdot 10^{-6}\, V_0^2\right\} \quad \ldots \ldots \quad 9)$$

folglich

$$-\frac{1}{b_1} = \frac{1}{b_2} = 0{,}8107 \quad \ldots \ldots \quad 10)$$

$$\mathfrak{A} = 5{,}983 \cdot 10^{-6} \quad \ldots \ldots \quad 11)$$

Die fünfte Spalte ist aus

$$c_0 = \frac{(\alpha - \beta - \gamma + \delta)(1 + \mathfrak{A}\, V_0^2)}{4\, V_0}$$

berechnet (vgl. Formel 7).

Verbindet man *beide* Quadrantenpaare mit dem Gehäuse und lädt die Nadel auf ein hohes Potential, so beobachtet man trotzdem, wie bereits Hallwachs hervorgehoben hat, Ausschläge, die von der Kontaktpotentialdifferenz der Metalle herrühren. Hallwachs justiert das Elektrometer so, daß beim Kommutieren der Nadelspannung die Ausschläge entgegengesetzt gleich groß werden. So angenehm eine derartige Symmetrie in vielen Fällen ist, so ist sie, wie das vorige zeigt, doch nicht nötig, sobald man in der richtigen Weise kommutiert. Die Größe der Ausschläge, die man

bei Verbindung beider Quadrantenpaare mit dem Gehäuse und bei Kommutieren der Nadelspannung erhält, erlaubt ebenfalls eine Berechnung von c_0; wie aus obigem Schema leicht ersichtlich, ist nämlich dieser Ausschlag gleich $\frac{2 c_0 V_0}{D}$ zu setzen.

Es wurde beobachtet:

V_0 Volt	Ausschlag	c_0
102,3	7,5	— 0,0390
204,4	12,1	— 0,0369
306,8	14,8	— 0,0373
	Mittel:	— 0,0377

was mit dem oben gefundenen Wert übereinstimmt.

Legt man an die Quadranten eine *konstante* Spannung, z. B. von 1 Volt, und steigert das Nadelpotential V_0, so sollte man nach der alten Maxwellschen Gleichung Ausschläge erwarten, die V_0 proportional sind; das ist aber keineswegs der Fall. Vielmehr wachsen die Ausschläge viel langsamer, wie die Potentiale V_0, und wenn eine gewisse Spannung überschritten wird, werden die Ausschläge sogar wieder kleiner. Dies Verhalten ist aus der Formel 6) unmittelbar verständlich, wonach

$$\frac{1}{4}(-\alpha+\beta-\gamma+\delta)=\frac{b_1 V_0 V_1}{1+\mathfrak{A} V_0^2}$$

wird. Bei konstantem V_1 und wachsendem V_0 erhält die rechte Seite einen Maximalwert für $V_0=\sqrt{\frac{1}{\mathfrak{A}}}=410$ Volt (vgl. Formel 11). Läßt man V_0 noch weiter wachsen, so tritt wieder eine Abnahme des Ausschlags ein.

Die vorliegende Schaltung wird vielfach zur Messung kleiner Potentialdifferenzen benutzt, indem man letztere an die Quadranten legt und die Nadel mit einem konstanten Hülfspotential lädt, durch dessen Höhe die Empfindlichkeit des Elektrometers bedingt ist. Diese Empfindlichkeit kann aber durch Erhöhung der Nadelspannung nicht beliebig gesteigert werden, sondern es gibt eine günstigste Spannung, die das Maximum der Empfindlichkeit herbeiführt.

b) Nadelschaltung.

Die Nadel sei mit dem Gehäuse verbunden; die Quadranten werden auf entgegengesetzte Potentiale gebracht, deren absolute Werte sich um eine gemessene kleine Größe voneinander unterscheiden.

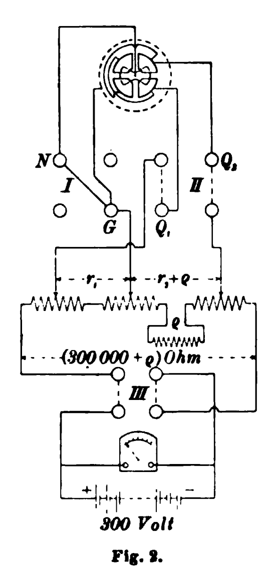


Fig. 2.

Wie die Fig. 2 zeigt, ist die Schaltung derart gemacht, daß eine Spannung von etwa 300 Volt durch 300000 Ohm geschlossen ist. Die Mitte des Kastens ist mit Nadel und Gehäuse verbunden, zu beiden Seiten dieser Mitte sind zwei Widertsände r_1 und r_2 von gleichem Nominalwert abgegrenzt, von deren Enden Leitungen zu den Quadrantenpaaren geführt sind. Um nun den absoluten Werten der Potentiale der beiden Quadrantenpaare eine beliebige bekannte Differenz geben zu können, wird auf der linken oder rechten Seite noch ein Widerstand ϱ zugeschaltet, was sich mittels der Unendlichkeitsstöpsel des benutzten Kastens leicht ausführen ließ. Die Größe der Gesamtspannung v wurde mit einem Präzisionsvoltmeter gemessen.

Die Potentiale, welche bei den einzelnen Stellungen der Kommutatoren *III* und *II* an die Quadranten gelegt werden, sind aus folgendem Schema ersichtlich. Dabei ist zur Abkürzung $R = 300000 + \varrho$ gesetzt.

Stellung des Kommutators *III*	*II*	ϱ rechts zugeschaltet V_1	V_2	ϱ links zugeschaltet V_1	V_2
‖	‖	$+ v r_1/R$	$- v(r_2 + \varrho)/R$	$+ v(r_1 + \varrho)/R$	$- v r_2/R$
=	‖	$- v r_1/R$	$+ v(r_2 + \varrho)/R$	$- v(r_1 + \varrho)/R$	$+ v r_2/R$
=	=	$+ v(r_2 + \varrho)/R$	$- v r_1/R$	$+ v r_2/R$	$- v(r_1 + \varrho)/R$
‖	=	$- v(r_2 + \varrho)/R$	$+ v r_1/R$	$- v r_2/R$	$+ v(r_1 + \varrho)/R$

Die allgemeinen Formeln 4) und 5) reduzieren sich für diesen Fall auf

$$a_1 V_1^2 + a_2 V_2^2 + b_0 V_1 V_2 + c_1 V_1 + c_2 V_2 = \alpha\,[1 + \mathfrak{A}\, V_1 V_2 + \mathfrak{B}\,(V_1 - V_2)^2].$$

Da V_1 nahezu gleich $-V_2$ ist, so führt man zweckmäßig die Bezeichnung ein

$$V_1 = P - \varepsilon$$
$$V_2 = -P - \varepsilon,$$

sodaß sich der Ausdruck für die Direktionskraft vereinfacht in

$$D = 1 + (4\,\mathfrak{B} - \mathfrak{A})\,P^2 + \mathfrak{A}\,\varepsilon^2.$$

ε hat im folgenden so kleine Werte, daß $\mathfrak{A}\,\varepsilon^2$ vernachlässigt werden kann. Es bleibt also

$$D = 1 + (4\,\mathfrak{B} - \mathfrak{A})\,P^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 12)$$

Die Werte, welche die linke Seite der obigen Gleichung bei Kommutieren von *III* und *II* annimmt, ist ähnlich, wie vorher, durch folgendes Schema dargestellt.

	Stellung des Kommutators *III*	*II*	$a_1 V_1^2$	$+\ a_2 V_2^2$	$+\ b_0 V_1 V_2$	$+\ c_1 V_1$	$+\ c_2 V_2$	
ϱ rechts zugeschaltet	‖	‖	$+(1)$	$+(2+\varrho)$	$-(1)(2+\varrho)$	$+(1)$	$-(2+\varrho)$	$= D\alpha$
	=	‖	$+(1)$	$+(2+\varrho)$	$-(1)(2+\varrho)$	$-(1)$	$+(2+\varrho)$	$= D\beta$
	=	=	$+(2+\varrho)$	$+(1)$	$-(1)(2+\varrho)$	$+(2+\varrho)$	$-(1)$	$= D\gamma$
	‖	=	$+(2+\varrho)$	$+(1)$	$-(1)(2+\varrho)$	$-(2+\varrho)$	$+(1)$	$= D\delta$
ϱ links zugeschaltet	‖	‖	$+(1+\varrho)$	$+(2)$	$-(2)(1+\varrho)$	$+(1+\varrho)$	$-(2)$	$= D\alpha'$
	=	‖	$+(1+\varrho)$	$+(2)$	$-(2)(1+\varrho)$	$-(1+\varrho)$	$+(2)$	$= D\beta'$
	=	=	$+(2)$	$+(1+\varrho)$	$-(2)(1+\varrho)$	$+(2)$	$-(1+\varrho)$	$= D\gamma'$
	‖	=	$+(2)$	$+(1+\varrho)$	$-(2)(1+\varrho)$	$-(2)$	$+(1+\varrho)$	$= D\delta'$

Daraus folgt, wenn man für $\alpha + \beta - \gamma - \delta \ldots$ abgekürzte Bezeichnungen $\lambda \ldots$ einführt,

$$\begin{aligned}
D\lambda &= D(\alpha + \beta - \gamma - \delta) &&= 2(a_1 - a_2)\,[r_1^2 - (r_2 + \varrho)^2]\,v^2/R^2 \\
D\lambda' &= D(\alpha' + \beta' - \gamma' - \delta') &&= 2(a_1 - a_2)\,[(r_1 + \varrho)^2 - r_2^2]\,v^2/R^2 \\
D\mu &= D(\alpha - \beta + \gamma - \delta) && \\
D\mu' &= D(\alpha' - \beta' + \gamma' - \delta') &&\Big\} = 2(c_1 - c_2)\,[r_1 + r_2 + \varrho]\,v/R \\
D\nu &= D(\alpha - \beta - \gamma + \delta) &&= 2(c_1 + c_2)\,[r_1 - r_2 - \varrho]\,v/R \\
D\nu' &= D(\alpha' - \beta' - \gamma' + \delta') &&= 2(c_1 + c_2)\,[r_1 - r_2 + \varrho]\,v/R.
\end{aligned}$$

In die Formeln für λ und ν gehen die Differenzen $r_1 - r_2$ ein; um die genaue Kenntnis dieser Differenz entbehren zu können, ist ϱ einmal zu r_2 (rechts) und dann

zu r_1 (links) zugeschaltet worden. Man gewinnt dadurch Formeln, die von der Differenz $r_1 - r_2$ unabhängig sind, nämlich

$$D(\lambda' - \lambda) = \frac{4(a_1 - a_2)(r_1 + r_2 + \varrho)\varrho v^2}{R^2} = 16(a_1 - a_2) P \cdot \varepsilon \quad . \quad . \quad 13)$$

$$D\mu = D\mu' = 4(c_1 - c_2) P \quad . \quad . \quad . \quad 14)$$

$$D(\nu' - \nu) = 4(c_1 + c_2)\varrho v / R \quad . \quad . \quad . \quad 15)$$

Diese Schaltung gestattet somit die Bestimmung der Konstanten

$$a_1 - a_2, \; c_1, \; c_2, \; (4\mathfrak{B} - \mathfrak{A}).$$

Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 4.

P	ε	$(\lambda' - \lambda)/4$	$\frac{D}{a_1 - a_2}$ beob.	$\frac{D}{a_1 - a_2}$ berech.
51,72	1,014	169,4	1,239	1,239
52,05	1,516	253,7	1,244	1,244
102,7	2,013	330,9	2,499	2,499
152,9	1,013	135,8	4,558	
152,9	2,012	270,1	4,555	4,555
152,9	2,998	402,8	4,551	

Dabei ist die letzte Spalte berechnet nach der Formel

$$D/(a_1 - a_2) = 0{,}8101\,(1 + 1{,}978 \cdot 10^{-4}\, P^2) \quad . \quad . \quad . \quad 16)$$

d. h.

$$1/(a_1 - a_2) = 0{,}8101 \qquad 4\mathfrak{B} - \mathfrak{A} = 1{,}978 \cdot 10^{-4}.$$

Da $\mathfrak{A} = 5{,}983 \cdot 10^{-6}$ aus Abschn. V a) bekannt ist, so folgt

$$\mathfrak{B} = 5{,}09_5 \cdot 10^{-5} \quad . \quad . \quad . \quad 17)$$

Die vorletzte Spalte enthält Zahlen, die den Konstanten der alten Maxwellschen Formel gleich sind; sie zeigen eine außerordentlich starke Abhängigkeit von P. Berücksichtigt man diese Abhängigkeit, so erhält man als Konstante für $P = 0$ die Zahl 0,8101, die mit der Konstanten der Versuchsreihe in Abschn. V a), Formel 10), d. h. 0,8107, sehr gut übereinstimmt.

Weiter wurde gefunden, daß für jedes P und ε nahezu $\nu = \nu' = 0$ ist, d. h. nach Gleichung 15) $c_1 + c_2 = 0$. Die von der Theorie geforderte Bedingung $\mu = \mu'$ ist genügend erfüllt; man erhielt im Mittel folgende Werte:

P	$-\mu = -\mu'$	$c_1 - c_2$
51,88	97,8	— 0,722
102,7	96,8	— 0,727
152,9	78,9	— 0,725
	Mittel:	— 0,724

d. h.

$$c_1 = -0{,}362 \qquad c_2 = +0{,}362.$$

Ähnlich, wie in Abschn. V a) erhält man auch Zahlen für $c_1 - c_2$, wenn der Zusatzwiderstand $\varrho = 0$ gemacht wird, und zwar unabhängig davon, ob das Elektrometer so justiert ist, daß beim Austausch der Quadrantenpotentiale entgegengesetzt gleiche Ausschläge entstehen oder nicht.

c) Idiostatische Schaltung.

Die idiostatische Schaltung läßt sich auf zweierlei Weise ausführen.

Bei der ersten Ausführung sind Nadel und ein Quadrantenpaar mit dem Gehäuse verbunden, während das zweite Quadrantenpaar auf ein anderes Potential gebracht wird (s. Fig. 3); in der zweiten Ausführung wird die Nadel anstatt mit dem Gehäuse mit dem auf hohem Potential befindlichen Quadrantenpaar verbunden (Fig. 4).

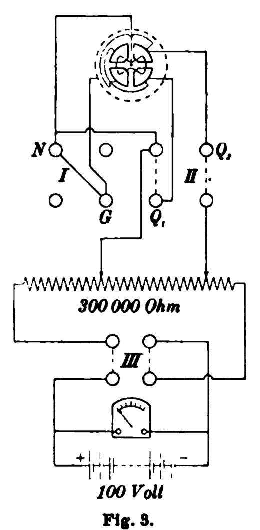


Fig. 3.

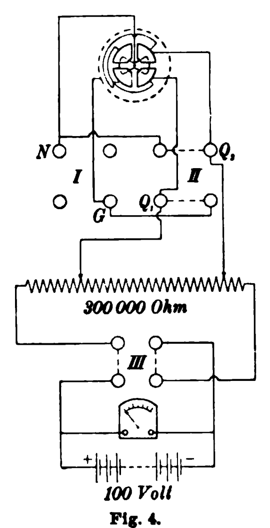


Fig. 4.

Die Potentialdifferenz wurde wieder in der Weise hergestellt, daß von dem 300000 Ohm-Widerstand, an den etwa 100 Volt gelegt waren, in geeigneter Weise abgezweigt wurde.

Die allgemeine Formel lautet im ersten Fall

$$a_1 V_1^2 + a_2 V_2^2 + b_0 V_1 V_2 + c_1 V_1 + c_2 V_2 = (1 + \mathfrak{B} V^2)\,\alpha.$$

Das Schema wird

Stellung des Kommutators III	II	$a_1 V_1^2$	+ $a_2 V_2^2$	+ $b_0 V_1 V_2$	+ $c_1 V_1$	+ $c_2 V_2$	
| |	| |	0	+	0	0	—	$= D\alpha$
=	| |	0	+	0	0	+	$= D\beta$
=	=	+	0	0	+	0	$= D\gamma$
| |	=	+	0	0	—	0	$= D\delta$

$$D(\alpha + \beta - \gamma - \delta) = 2(a_2 - a_1) V^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 18)$$

Der Versuch ergab:

V Volt	$\frac{D}{a_1 - a_2}$ beob.	$\frac{D}{a_1 - a_2}$ berech.
10,14	$0{,}818_1$	$0{,}817_7$
13,50	$0{,}820_3$	$0{,}820_1$
16,85	$0{,}822_4$	$0{,}823_3$
23,58	$0{,}832_0$	$0{,}831_7$

Die dritte Spalte ist aus der Formel

$$0{,}8145\,(1 + 3{,}80 \cdot 10^{-5}\, V^2)$$

berechnet.

Die zweite Schaltungsart (s. Fig. 4) liefert folgendes Schema:

	$a_0 V_0^2$	+ $a_1 V_1^2$	+ $a_2 V_2^2$	+ $b_0 V_1 V_2$	+ $b_1 V_0 V_1$	+ $b_2 V_0 V_2$	+ $c_0 V_0$	+ $c_1 V_1$	+ $c_2 V_2$
$D\alpha =$	+	0	+	0	0	+	—	0	—
$D\beta =$	+	+	0	0	+	0	+	+	0
$D\gamma =$	+	0	+	0	0	+	+	0	+
$D\delta =$	+	+	0	0	+	0	—	—	0

$$\left.\begin{aligned} D(\alpha - \beta + \gamma - \delta) &= 2(-a_1 + a_2 - b_1 + b_2) V^2 \\ D &= (1 + \mathfrak{B} V^2) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad 19)$$

Die Versuche ergaben, abgesehen vom Vorzeichen, genau dieselben Konstanten wie im vorigen Versuch, sodaß

$$a_1 - a_2 = - a_1 + a_2 - b_1 + b_2$$

oder

$$a_1 - a_2 = - \frac{1}{2}(b_1 - b_2)$$

ist, was mit den Resultaten unter V a) und V b) übereinstimmt.

Dagegen stimmen die durch diese Schaltung gefundenen absoluten Werte nicht mehr so gut mit den früheren; es ergibt sich aus Versuch

	V a)	V b)	V c)
$\frac{1}{a_2 - a_1} =$	0,8107	0,8101	0,8145
$\mathfrak{B} =$		$5{,}09 \cdot 10^{-5}$	$3{,}80 \cdot 10^{-5}$.

Um diese zwar in der Wirkung nicht großen, aber immerhin merklichen Differenzen zu erklären, war anfangs vermutet worden, daß die Direktionskraft nicht nur von zwei Konstanten $\mathfrak{A}$ und $\mathfrak{B}$, sondern von dreien abhängt (vgl. Bemerkung in Abschnitt IV); gerade aus diesem Grunde sind durch Schwingungsversuche sämtliche Konstanten des Nenners experimentell bestimmt worden. Die Versuche ergaben die Form des Nenners, wie er in Formel 5) aufgeführt ist.

Es bleibt daher für die Erklärung der Abweichungen bei der idiostatischen Schaltung, die übrigens nicht nur an diesem Elektrometer, sondern auch an anderen beobachtet wurden, nur übrig, daß entweder eine Entwicklung der Größen $\partial a_0/\partial \alpha$ ... bis zum linearen Gliede nicht genügt oder, was wahrscheinlicher ist, daß bei der Ablenkung in dieser Schaltung außer der *Drehung* des beweglichen Systems *seitlich* verschiebende Kräfte auftreten, wodurch eine geringe Änderung der Konstanten herbeigeführt werden kann. Es besteht nämlich ein wesentlicher Unterschied in der letzteren Schaltung gegenüber den beiden früheren. Bei diesen können Teile des Elektrometers zu hohen Potentialen geladen werden, während die mittlere Ablenkung der Nadel gleich Null ist; diese hohen Potentiale gehen in die Formel für die Direktionskraft allein ein; die Ablenkungen werden erst durch kleine Potentialdifferenzen hervorgerufen, die auf die Größe der Direktionskraft keinen wesentlichen Einfluß haben. Anders steht es bei der idiostatischen Schaltung, wo die Ablenkungskräfte dieselben sind, wie diejenigen, welche die Direktionskraft beeinflussen.

Jedenfalls kann man aber die mittleren Ausschläge bei der idiostatischen Schaltung darstellen in der Form

$$\alpha = \frac{m V^2}{1 + n V^2},$$

wenn auch die Konstanten von den in anderen Schaltungen gefundenen etwas abweichen.

Durch die bisherigen Versuche wurden folgende Konstanten bestimmt:

$$a_1 - a_2,\ b_1,\ b_2,\ c_0,\ c_1,\ c_2,\ \mathfrak{A},\ \mathfrak{B};$$

dabei ergab sich die Beziehung

$$\left.\begin{aligned} a_1 - a_2 = - b_1 = b_2 \\ c_1 = - c_2 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 20)$$

Es fehlt somit noch die Bestimmung von

$$a_0,\ a_1 + a_2,\ b_0,$$

deren Kenntnis von geringerem Interesse ist. Diese Konstanten brauchen, sobald nicht absolute Symmetrie vorhanden ist, durchaus nicht Null zu sein; man kann sie auf folgendem Wege finden.

1. V_0 auf hohem Potential, V_1, V_2 an Gehäuse gelegt, liefert

$$a_0 V_0^2 + c_0 V_0 = D\alpha$$

und durch Kommutieren von V_0

$$a_0 V_0^2 - c_0 V_0 = D\beta$$

$$a_0 V_0^2 = \frac{1}{2} D(\alpha + \beta).$$

Also nur, wenn das Elektrometer nach der Hallwachsschen Vorschrift justiert ist, wird $a_0 = 0$, sonst hat es einen von Null abweichenden Wert, der durch die letzte Gleichung gefunden wird.

2. Die Nadel wird an das Gehäuse gelegt; die beiden Quadranten werden auf hohes gleiches Potential gebracht. Mithin

$$(a_1 + a_2 + b_0) V^2 = D\alpha.$$

Ist nach der Hallwachsschen Vorschrift justiert, so ist auch hier

$$a_1 + a_2 + b_0 = 0.$$

3. Die Nadel wird an das Gehäuse gelegt und die Quadranten werden auf entgegengesetzt gleiche Potentiale geladen. Benutzt man dazu wie früher einen Kasten mit zwei Widerständen r_1, r_2 von gleichem Nennwert, so erhält man die Gleichungen

$$\frac{a_1 r_1^2 + a_2 r_2^2}{(r_1 + r_2)^2} v^2 - \frac{b_0 r_1 r_2}{(r_1 + r_2)^2} v^2 + \frac{c_1 (r_1 - r_2)}{r_1 + r_2} v = D\alpha$$

$$\frac{a_1 r_2^2 + a_2 r_1^2}{(r_1 + r_2)^2} v^2 - \frac{b_0 r_1 r_2}{(r_1 + r_2)^2} v^2 + \frac{c_1 (r_2 - r_1)}{r_1 + r_2} v = D\beta,$$

folglich

$$\frac{(a_1 + a_2)(r_1^2 + r_2^2) v_2}{(r_1 + r_2)^2} - \frac{2 b_0 r_1 r_2 v^2}{(r_1 + r_2)^2} = D(\alpha + \beta)$$

oder, da r_1 nahezu gleich r_2 ist,

$$\frac{1}{2}(a_1 + a_2 - b_0) v^2 = D(\alpha + \beta).$$

Aus 2. und 3. erhält man $a_1 + a_2$ und b_0.

Justiert man das Elektrometer nach der Hallwachsschen Vorschrift, so ist also nahezu

$$a_0 = a_1 + a_2 = b_0 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 21)$$

Aber auch wenn diese Vorschrift nicht inne gehalten wird, kann man der Bequemlichkeit halber diese Konstanten gleich Null setzen, weil sie bei geeignetem Kommutieren herausfallen.

Setzt man nun in die allgemeine Formel 4)

$$a_1 = \frac{1}{2}(a_1 + a_2) + \frac{1}{2}(a_1 - a_2)$$

$$a_2 = \frac{1}{2}(a_1 + a_2) - \frac{1}{2}(a_1 - a_2)$$

und berücksichtigt die Formeln 20) und 21), so erhält man

$$\frac{1}{2}(a_1 - a_2)(V_1^2 - V_2^2) + b_1 V_0 (V_1 - V_2) + c_0 V_0 + c_1 (V_1 - V_2) =$$
$$\alpha [1 + \mathfrak{A}(V_0 - V_1)(V_0 - V_2) + \mathfrak{B}(V_1 - V_2)^2].$$

Setzt man noch $a_1 - a_2 = -k b_1$, wo nach den Versuchen in Abschn. V nahezu $k = 1$ ist, so erhält man schließlich

$$\left.\begin{aligned} & b_1 (V_1 - V_2)\left(V_0 - \frac{k}{2}(V_1 + V_2)\right) + c_0 V_0 + c_1 (V_1 - V_2) = \\ & \alpha [1 + \mathfrak{A}(V_0 - V_1)(V_0 - V_2) + \mathfrak{B}(V_1 - V_2)^2] \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad 22)$$

[illegible] der Vollständigkeit halber auch die Berechnung der Kontakt-[illegible] durchgeführt; es war nach Formel 3)

$$\begin{aligned} c_0 &= 2\,a_0\,p_0 + b_1\,p_1 + b_2\,p_2 \quad \text{angenähert} = b_1\,(p_1 - p_2) \\ c_1 &= b_1\,p_0 + 2\,a_1\,p_1 + b_0\,p_2 \quad\quad \text{„} \quad\quad = b_1\,(p_0 - p_1) \\ c_2 &= b_2\,p_0 + b_0\,p_1 + 2\,a_2\,p_2 \quad\quad \text{„} \quad\quad = b_1\,(p_2 - p_0). \end{aligned}$$

[illegible] ist daher in unserem Falle

$$\begin{aligned} p_0 - p_1 = p_0 - p_2 &= 0{,}362 \cdot 0{,}811 \;\; = 0{,}293 \text{ Volt} \\ p_1 - p_2 &= 0{,}0377 \cdot 0{,}811 = 0{,}0306 \text{ „ }. \end{aligned}$$

VI. Verwendung des Elektrometers für Wechselstrommessungen.

Von großer Wichtigkeit ist die Benutzung des Elektrometers bei Wechselstrommessungen. Es wird vorteilhaft verwendet zur Messung von Wechselspannungen und von Leistungen. Wie anfangs auseinander gesetzt, ist die Größe der elektrischen Kraft auf die Nadel, wenn letztere aus einer Anfangsstellung um den Winkel α abgelenkt ist, darstellbar in der Form

$$f(V_0\,V_1\,V_2) - \alpha\,f_1\,(V_0\,V_1\,V_2).$$

Darin bedeuten f und f_1 Funktionen, die sämtliche Glieder ersten und zweiten Grades der Potentiale enthalten. Sind V_0, V_1, V_2 Augenblickswerte von Wechselspannungen, so erhält man durch Integration die mittlere auf die Nadel wirkende elektrische Kraft, der durch die Torsion des Aufhängedrahtes das Gleichgewicht gehalten wird. Man kann also den Ablenkungswinkel darstellen in der Form

$$\alpha = \frac{\frac{1}{T}\int_0^T f(V_0\,V_1\,V_2)\,dt}{1 + \frac{1}{T}\int_0^T f_1\,(V_0\,V_1\,V_2)\,dt} \quad \text{. . . . . 23)}$$

Da V_0, V_1, V_2 Wechselspannungen bedeuten, so fallen beim Integrieren sämtliche linearen Glieder weg und es bleiben nur die Glieder zweiten Grades übrig.

a) Idiostatische Schaltung zur Messung von Wechselspannungen.

Man benutzt die Schaltung der Fig. 3, indem man die Gleichspannung durch die zu messende Wechselspannung ersetzt. Da die linearen Glieder wegfallen, so genügt es allein II zu kommutieren. Man erhält dadurch aus Formel 18)

$$\left(1 + \mathfrak{B}\,\frac{1}{T}\int_0^T V^2\,dt\right)(\alpha - \delta) = (a_2 - a_1)\,\frac{1}{T}\int_0^T V^2\,dt$$

oder, wenn die Effektivwerte mit kleinen Buchstaben bezeichnet werden,

$$\alpha - \delta = \frac{(a_2 - a_1)\,v^2}{1 + \mathfrak{B}\,v^2} \quad \text{. . . . . 24)}$$

Sind also die Elektrometerkonstanten nach Abschn. V c) mittels Gleichspannung bestimmt, so ist die Formel ohne weiteres für Wechselspannung anwendbar, indem man für v den effektiven Wert der zu messenden Wechselspannung einsetzt, und zwar sind bei Messung einer Wechselspannung nur zwei Ablesungen notwendig.

b) Differentialmethode zur Messung von Wechselspannungen.

Um die vorherige Prüfung mit Gleichspannung zu sparen, hat Hr. Drewell, der bei der Ausführung der vorliegenden Versuche Hülfe geleistet hat, folgende Differentialmethode angegeben.

Die Nadel ist mit dem Gehäuse verbunden; zwischen Gehäuse und das *eine* Quadrantenpaar ist eine Gleichspannung, zwischen Gehäuse und das *andere* Quadrantenpaar eine Wechselspannung geschaltet (Fig. 5).

Daher ist stets

$$\int_0^T V_1 V_2 \, dt = 0.$$

Wird mit v der Effektivwert der Wechselspannung, mit g die Gleichspannung bezeichnet, so erhält man in den beiden Stellungen des Kommutators *II* folgende Gleichungen

$$a_1 v^2 + a_2 g^2 + c_2 g = D \alpha$$
$$a_1 g^2 + a_2 v^2 + c_1 g = D \beta,$$

folglich

$$(a_1 - a_2)(v^2 - g^2) + (c_2 - c_1) g = D(\alpha - \beta).$$

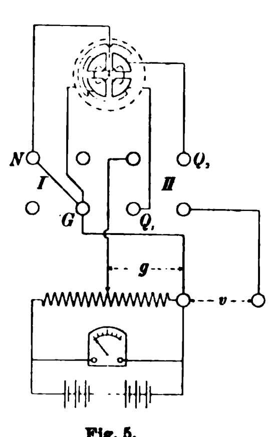



Fig. 5.

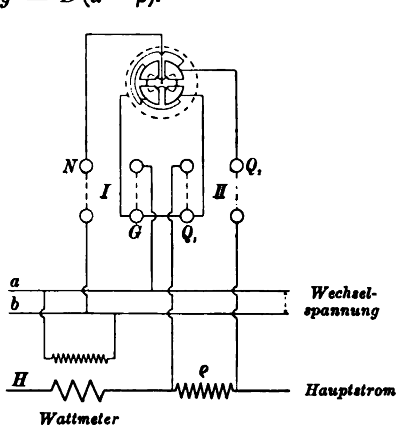


Fig. 6.

Man verändert die Gleichspannung so lange, bis beim Kommutieren das Elektrometer keinen Ausschlag mehr zeigt; dann ist

$$(a_1 - a_2)(v^2 - g^2) + (c_2 - c_1) g = 0.$$

Nun wird die Polarität von g vertauscht und durch eventuelles Ändern von g in g' wiederum auf Ruhelage der Elektrometernadel bei Kommutieren der Quadranten eingestellt; dies ergibt

$$(a_1 - a_2)(v^2 - g'^2) - (c_2 - c_1) g' = 0.$$

Daraus folgt

$$v^2 = g g' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 25)$$

eine Formel, aus der sämtliche Elektrometerkonstanten verschwunden sind. Versuche, die Hr. Drewell angestellt hat, haben die Richtigkeit der Methode bestätigt.

c) Leistungsmessung.

Diese Messung gestaltet sich außerordentlich einfach, wenn man es mit sogenannten künstlichen Belastungen, wie bei der Prüfung von Wattmetern und Zählern zu tun hat. Dabei pflegt der Spannungskreis vom Hauptstromkreis vollständig getrennt zu werden. Soll nun das Elektrometer als Normalinstrument zu Leistungsmessungen verwandt werden, so wird im Umschalter an *einer* Stelle eine Verbindung zwischen Hauptstrom- und Spannungskreis hergestellt. In Fig. 6 bedeuten a b die Spannungsschienen, woran die Spannungskreise der zu prüfenden Apparate angeschlossen werden. H ist die Hauptstromschiene, in welche die Hauptstromspulen der zu prüfenden Apparate und ein induktionsloser Normalwiderstand ϱ eingeschaltet sind.

Es genügt dann, lediglich I zu kommutieren. Wird nämlich unter V der Augenblickswert der Wechselspannung, unter J der Augenblickswert des Hauptstromes verstanden, so ist in die allgemeinen Gleichungen zu setzen

$$V_0 = \pm V \qquad V_1 = 0 \qquad V_2 = J\varrho.$$

Man erhält demnach in den beiden Stellungen des Kommutators I

$$\frac{1}{T}\int_0^T (a_0 V^2 + a_2 J^2 \varrho^2 + b_2 V J \varrho)\, dt = \alpha \frac{1}{T}\int_0^T (1 + \mathfrak{A} V^2)\, dt$$

$$\frac{1}{T}\int_0^T (a_0 V^2 + a_2 J^2 \varrho^2 - b_2 V J \varrho)\, dt = \beta \frac{1}{T}\int_0^T (1 + \mathfrak{A} V^2)\, dt.$$

Wird der Effektivwert der Spannung mit v, die zu messende Leistung mit

$$Q = \frac{1}{T}\int_0^T J V\, dt$$

bezeichnet, so folgt

$$2 b_2 \varrho Q = (\alpha - \beta)(1 + \mathfrak{A} v^2)$$

$$Q = \frac{1 + \mathfrak{A} v^2}{2 b_2 \varrho}(\alpha - \beta) \quad \text{. . . . .} \quad 26)$$

Ist also $2 b_2$ und $\mathfrak{A}$ nach Abschn. Va) bestimmt, so erhält man direkt die zu messende Energie aus zwei Ablesungen (α und β). Diese Methode, die sich bei zahlreichen Prüfungen als zuverlässig erwiesen hat, verlangt allerdings, daß die Normalwiderstände induktionsfrei sind; es mußten deshalb namentlich für die kleineren Beträge besondere Normalwiderstände angefertigt werden, die so dimensioniert wurden, daß bei maximal zulässiger Belastung an den Klemmen mindestens 1 Volt Spannungsdifferenz auftritt. Es wurden bis jetzt folgende Widerstände hergestellt und erprobt:

Sollwert Ohm	Belastbarkeit Ampere
0,03	40
0,01	100
0,003	400
0,001	1000

Näheres über diese Widerstände und die Messungen, die mit denselben angestellt wurden, wird in anderem Zusammenhange mitgeteilt werden.

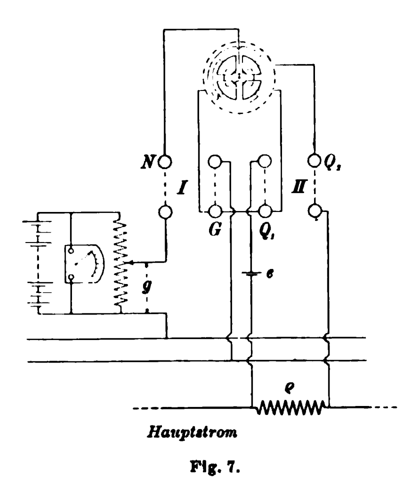


Fig. 7.

d) Nullmethode zur Messung einer Leistung.

Man kann das Elektrometer so schalten, daß man die zu messende Wechselstromleistung mittels einer Nullmethode direkt durch das Produkt zweier Gleichspannungen mißt. Man braucht zu diesem Zweck nur in der Schaltung c) an zwei Stellen (s. Fig. 6 und 7) der Elektrometerzuleitungen eine regulierbare Gleichspannung g und ein Normalelement e einzuschalten. Die Ablenkung der Nadel ist gegeben durch

$$\frac{1}{T}\int_0^T [a_0 (V + g)^2 + a_2 (J\varrho - e)^2 + b_2 (V + g)(J\varrho - e) + c_0 (V + g) + c_2 (J\varrho - e)]\, dt =$$

$$\alpha \frac{1}{T}\int_0^T [1 + \mathfrak{A}(V + g)^2]\, dt$$

oder

$$a_0 (v^2 + g^2) + a_2 (j^2 \varrho^2 + e^2) + b_2 Q \varrho - b_2 e g + c_0 g - c_2 e = \alpha [1 + \mathfrak{A} (v^2 + g^2)]$$

und durch Kommutieren von *I*

$$a_0 (v^2 + g^2) + a_2 (j^2 \varrho^2 + e^2) - b_2 Q \varrho + b_2 e g - c_0 g - c_2 e = \beta [1 + \mathfrak{A} (v^2 + g^2)]$$

folglich

$$2 b_2 (Q \varrho - e g) + 2 c_0 g = (\alpha - \beta) [1 + \mathfrak{A} (v^2 + g^2)].$$

Man reguliert die Gleichspannung g derart, daß das Elektrometer beim Kommutieren keinen Ausschlag gibt, d. h. also $\alpha - \beta = 0$ ist. Dann folgt

$$b_2 (Q \varrho - e g) + 2 c_0 g = 0.$$

Nunmehr gibt man dem Kommutator *II* seine zweite Stellung und reguliert von neuem die Gleichspannung so lange, bis das Elektrometer beim Kommutieren wiederum keinen Ausschlag mehr zeigt; man erhält dadurch auf demselben Wege wie vorher die Beziehung

$$b_2 (Q \varrho - e g') - 2 c_0 g' = 0.$$

Daraus folgt durch Eliminieren von c_0

$$Q = \frac{e}{\varrho} \frac{g g'}{\frac{1}{2}(g + g')}$$

oder, da g und g' einander nahezu gleich sind,

$$Q = \frac{1}{2} \frac{(g + g') e}{\varrho} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 27)$$

Versuche, die nach dieser Methode angestellt wurden, haben die Theorie bestätigt. Zahlenmässige Resultate werden ebenfalls in anderem Zusammenhang mitgeteilt werden.

Die Nullmethoden unter b) und d) haben zwar den Vorteil, daß eine vorherige Empfindlichkeitsbestimmung des Elektrometers unnötig ist. Sämtliche Konstanten des Elektrometers verschwinden darin. Es wird aber, wie leicht einzusehen ist, gegenüber der Methode der direkten Ablenkung kein großer Gewinn an Empfindlichkeit erzielt.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1902[1]).

Abteilung I.

I. Thermische Arbeiten[2]).

1. Ausdehnung des Wassers[3]).

Nach Ausführung einiger Änderungen sind die Versuche über die Ausdehnung des Wassers mit dem früher beschriebenen Apparate bei den Temperaturen des siedenden Wassers, Äthylalkohols, Methylalkohols und Azetons durchgeführt worden.

Einige Schwierigkeit machte bei den höheren Temperaturen die Abscheidung von Luft aus dem Wasser; trotzdem der Druck im höchsten Teile des Apparates etwa 5 vom Hundert über Atmosphärendruck lag, gelangen Versuche bei 100° überhaupt nicht, sobald das luftfrei eingefüllte Wasser einen Tag lang im Apparate geblieben war, und auch noch bei 78° sind mehrere Versuchsreihen durch die Abscheidung von Luft verhindert, unterbrochen oder verfälscht worden.

---

[1]) Auszug aus dem dem Kuratorium der Reichsanstalt im März 1903 erstatteten Tätigkeitsbericht.

[2]) Im folgenden sind die Namen der Beamten, welche die Arbeiten ausgeführt haben, in Anmerkungen zu den einzelnen Nummern des Textes aufgeführt.

[3]) Thiesen.

Im übrigen dürften die Messungen zu befriedigenden Resultaten geführt haben. Hervorzuheben ist namentlich die vollkommene Temperaturkonstanz des auf Zimmertemperatur gehaltenen Bades während jedes einzelnen Versuches; diese Konstanz wurde mühelos dadurch erreicht, daß das Bad vor jedem Versuch kräftig gerührt wurde, während des Versuchs aber, durch den äußeren Wassermantel und Wattepackung geschützt, sich selbst überlassen blieb.

Die Ausdehnung der Versuche auf Temperaturen zwischen 100° und 200° ist vorbereitet.

2. Manometer[1]. Die Vergleichung des gebrochenen Manometers für 20 mit dem Druckmesser für 200 Atmosphären innerhalb des beiden Instrumenten gemeinsamen Bereichs ist ausgeführt worden. Danach sind die unmittelbaren Angaben des Druckmessers um etwa 2 vom Hundert zu korrigieren.

3. Dichte des Wasserdampfes[2]. Der Apparat zur Bestimmung der Dichte des Wasserdampfes ist mit dem mit Platin ausgekleideten Stahlzylinder neu montiert worden. Dabei wurde zur Verminderung des Temperatureinflusses eine andere Lage des Verbindungsrohres und zur schnelleren Herbeiführung des Gleichgewichtszustandes eine elektrische Heizung des Stahlzylinders angeordnet. Nach längerer Bemühung ist eine gute Dichtung der Apparate gelungen.

4. Spezifische Wärme der Gase[3]. Die Frage einer Neubestimmung der spezifischen Wärmen, namentlich von den für die Technik wichtigeren Gasen ist nach mehreren Richtungen hin erwogen worden. Zunächst wurde eine kritische Zusammenstellung des vorhandenen Materials in Angriff genommen. Da aber, um die spezifischen Wärmen in ihrer Abhängigkeit von Druck und Temperatur zu bestimmen, auf Grund der thermodynamischen Hauptsätze nicht nur die eigentlichen Bestimmungen spezifischer Wärmen in Frage kommen, sondern auch, wenn nicht die empfindlichsten Lücken bestehen bleiben sollen, andere Beobachtungen, die zur Kenntnis der Zustandsgleichung beitragen, zugezogen werden müssen, so erwies sich das Material trotz vorhandener Vorarbeiten als viel zu umfangreich. Es erschien daher zweckmäßig, die einzelnen Gase getrennt zu behandeln, und es wurde zunächst eine Arbeit über den Wasserdampf veröffentlicht, der in mehrfacher Beziehung eine Ausnahmestellung einnimmt (Anh. Nr. 1)[4].

Zugleich drängten sich aber immer zwingender Überlegungen auf, die die bisher angenommenen Grundlagen als ungenügend erscheinen ließen und für die Wahrscheinlichkeit einer schon von Boltzmann angedeuteten Nachwirkung bei Gasen sprachen. Trennt man, den üblichen Anschauungen entsprechend, die Energie eines Gases in die Energie der Moleküle und der Atome, so wird eine bestimmmte spezifische Wärme unabhängig von der Zeit und von der Art der Übertragung der Wärme nur vorhanden sein, wenn ein Ausgleich zwischen der Energie des Moleküls und seiner Atome entweder sehr schnell oder sehr langsam gegen die bei Versuchen in Frage kommenden Zeiten erfolgt. Beide Fälle scheinen vielfach einzutreten; in anderen Fällen dürften aber die Zeiten vergleichbar sein. In diesen Fällen, die vielleicht mit denen zusammentreffen, in denen sich die spezifische Wärme auch der stark verdünnten Gase von der Temperatur abhängig zeigt, würde die spezifische Wärme nach den Bedingungen des Versuchs verschieden gefunden werden. Jedenfalls wird dieser Gesichtspunkt bei der Bearbeitung älterer und der Anstellung neuer Versuche nicht außer Acht zu lassen sein.

In experimenteller Hinsicht wurde eine Methode in Vorschlag gebracht, die Vergleichung von Schallgeschwindigkeiten verschiedener Gase dadurch auszuführen, daß man untersucht, bei welcher Zahl von Impulsen ein geschlossener mit dem Gase gefüllter Resonator anspricht. Die Methode scheint gegenüber der üblichen eine große Genauigkeit zu versprechen, bedarf aber noch der weitern Prüfung und Durchbildung.

[1] Thiesen.
[2] Thiesen, v. Steinwehr.
[3] Thiesen.
[4] Die Hinweise beziehen sich auf das Verzeichnis der Veröffentlichungen am Schluß.

5. Spezifische Wärme von Gasen bei hoher Temperatur[1].

In anderer Richtung sind Vorversuche für die Bestimmung der spezifischen Wärme von Gasen bei hoher Temperatur zunächst nach der von Regnault bis 200° benutzten Methode angestellt worden. Das zu untersuchende Gas, bisher Luft oder Sauerstoff, wird in einem elektrisch geheizten Messingrohr erwärmt. Die Temperatur des Gasstromes läßt sich unmittelbar vor dem Eintritt in das Kalorimeter mit einem Thermoelement messen und trotz der kleinen Kapazität des Ofens mit Hülfe einer zweiten Heizspule bei verschieden starkem Gasstrom in gewissen Grenzen konstant halten. Die Menge des Gases (3 bis 6 *l* in der Minute, im ganzen das Doppelte) wurden nach dem Austritt aus dem Kalorimeter mit einer Gasuhr gemessen. Mit dem vorhandenen Apparat konnten die Versuche mit Erfolg bis 600° ausgedehnt werden, und man hofft, mit den endgültigen Einrichtungen höher zu kommen.

6. Wärmeleitung[2].

Die im dritten Band der Wissenschaftlichen Abhandlungen der Reichsanstalt veröffentlichten Versuche über Wärmeleitung bei 18° und 100° sind durch Hinzufügen einiger Metalle (Kupfer IV, sehr rein; Eisen III, zu den Versuchen über Wärmedurchgang durch Heizflächen benutzt; ferner Rhodium und Iridium) ergänzt, sodaß jetzt im ganzen 27 Stäbe untersucht sind.

Die Messung des Thomson-Effektes wurde ebenfalls fortgeführt. Eine zusammenfassende Veröffentlichung für die Annalen der Physik befindet sich in Vorbereitung.

Für die Messung bei tiefer Temperatur werden Schwierigkeiten besonders durch die großen Dimensionen der Stäbe verursacht, welche es unmöglich machen, mit Dewarschen Gefäßen zu arbeiten. Da zur Berücksichtigung der äußeren Wärmeleitung die Umgebungs-Temperatur des Stabes um einige Grad von der Temperatur der Enden verschieden sein und in kleinen Grenzen (etwa durch Druckänderungen) variiert werden muß, da ferner der den Stab umgebende Raum luftdicht abgeschlossen werden soll, und da außerdem die anzuwendenden Stromstärken noch beträchtlich größer werden als bei Zimmertemperatur, so erwachsen erhebliche Ansprüche an die experimentelle Durchführung. Diese Schwierigkeiten fallen fort, wenn man zu kleineren Dimensionen der Stäbe übergeht, wie schon im vorigen Tätigkeitsbericht dargelegt ist. So erwünscht nun eine Fortführung der Untersuchungen an den vorhandenen Stäben ist, so schien es doch außerdem zweckmäßig, die Methoden für kleine Dimensionen ebenfalls auszuarbeiten.

7. Messung des Leitverhältnisses an kleinen Stäben[3].

Nach der Methode, über welche im vorigen Jahre berichtet ist, wurden Versuche an einem Kadmium-Stäbchen von etwa 15 *mm* Länge und 2 *mm* Durchmesser angestellt. Die Messung geschah bei drei verschiedenen Temperaturen in Bädern von Eis, von fester Kohlensäure mit Alkohol und von flüssiger Luft.

Die äußere Wärmeleitung ist wegen der kleinen Dimensionen gering. Um einen Rest derselben zu konstatieren, wurde das den Stab umgebende Glasrohr zunächst mit einer Wasserstrahlpumpe so weit evakuiert, daß jedenfalls die Konvektion beseitigt war. Dies bewirkte keine merkbare Änderung. Dann wurde Wasserstoff eingefüllt, wodurch eine Änderung von fast 3% entstand, die nach Ausspülen mit Luft wieder zurückging. Da Wasserstoff etwa 7-mal so gut leitet als Luft, kann man die wegen äußerer Wärmeleitung der Luft anzubringende Korrektion auf etwa $^1/_2$% schätzen.

In der folgenden Tabelle stehen die Resultate für das Verhältnis des Wärmeleitvermögens λ zum elektrischen Leitvermögen $\varkappa$, denen die Zahlen hinzugefügt sind, welche man durch Extrapolation der früher an dem großen Kadmium-Stabe bei 18° und 100° gefundenen Werte erhält. Den Zahlen für $\lambda/\varkappa$ ist der Faktor 10^{-8} hinzuzufügen, um sie in Einheiten des internationalen elektromagnetischen Maßsystems darzustellen.

Temperatur	+ 12,8°	— 66,3°	— 181°
$\lambda/\varkappa$ beobachtet . . .	710	515	203
$\lambda/\varkappa$ extrapoliert . . .	694	498	215

[1]) Holborn, Austin.

[2]) Jaeger, Diesselhorst.

[3]) Diesselhorst.

Die Abhängigkeit des Leitverhältnisses von der Temperatur verläuft also bei reinem Kadmium fast geradlinig und folgt dem Lorenzschen Gesetze.

Relative Methode. Die im vorstehenden beschriebene absolute Methode ist nur bei Metallen anwendbar, welche einen beträchtlichen Temperaturkoeffizienten des elektrischen Leitvermögens besitzen. Es zeigte sich nun, daß man auf einfachem Wege ohne Verwendung starker elektrischer Ströme eine Vergleichung der Leitverhältnisse zweier beliebigen Metalle anstellen kann, sobald man nur durch Anwendung kleiner Dimensionen die äußere Wärmeleitung zum Verschwinden bringt. Von der geometrischen Form ist die Methode ebenso wie die vorige und das ihr zu Grunde liegende Verfahren von Kohlrausch unabhängig.

Fig. 1.

Zwei kurze Stäbchen seien zusammen und mit den äußeren Enden zwischen zwei dicke Kupferstücke gelötet, von denen das eine mit einem isolierten Heizdraht umwickelt und zur Verringerung der Wärmeabgabe nach außen von einem Glasrohr umhüllt ist (Fig. 1). An jedes Stäbchen seien zwei feine Drähte zur Potentialabnahme gelötet. Nachdem dann die Umgebung durch ein aufgekittetes Glasrohr mit Ansatzrohr abgegrenzt ist, läßt sich der Apparat in ein Bad von konstanter Temperatur setzen.

Nun kann man durch die beiden Stäbchen sowohl einen elektrischen als einen Wärmestrom schicken, die beide in denselben Stromlinien fließen. Beide erzeugen Potentialdifferenzen zwischen den Drähten 1, 2 und zwischen 1′, 2′. Wenn man den elektrischen Strom kommutiert, erhält man das eine Mal die Summe, das andere Mal die Differenz dieser Potentialunterschiede und dadurch jeden einzeln. Durch die von dem Wärmestrom herrührenden Unterschiede kann man die Temperaturdifferenzen berechnen, sobald man die Thermokräfte der aus den Stäben und den Potentialdrähten zusammengesetzten Thermoketten kennt, die wir zunächst als bekannt voraussetzen wollen. Dann folgt unabhängig von den Dimensionen für die beiden Leiter

$$\frac{\lambda}{x} : \frac{\lambda'}{x'} = \frac{u_2' - u_1'}{v_2' - v_1'} : \frac{u_2 - u_1}{v_2 - v_1}$$

(u Temperatur, v Potential, λ/x Leitverhältnis).

Direkt beobachtet werden nicht die Größen $\frac{u_2 - u_1}{v_2 - v_1}$, sondern $\frac{e_2 - e_1}{v_2 - v_1}$, wenn $e_2 - e_1$ die Potentialdifferenz der Thermokette Stab/Potentialdraht ist. Der Ausdruck $\frac{e_2 - e_1}{v_2 - v_1}$ stellt die Thermokraft in zwei Drähten dar, welche so angelötet sind, daß ihnen die Einheit der vom elektrischen Strome herrührenden Potentialdifferenz entspricht.

Wenn außer den bisher benutzten 4 Potentialdrähten, die etwa aus Konstantan bestehen mögen, noch 4 andere, etwa aus Eisen, in ungefähr denselben Querschnitten angelötet sind, so erhält man für die Kombination Stab/Eisen ebenfalls einen Wert für die entsprechende Thermokraft $\frac{(e_2 - e_1)\,\text{Stab/Eisen}}{v_2 - v_1}$ und in der Differenz beider Ausdrücke die Thermokraft der Kombination Eisen/Konstantan pro Einheit der Potentialdifferenz $v_2 - v_1$, d. h. die Thermokraft der Stäbe ist eliminiert. Andererseits läßt sich natürlich aus den Einzelbeobachtungen diese Thermokraft der Stäbe gegen die Potentialdrähte berechnen. Stellt man die Beobachtungen bei mehreren Temperaturen an, so erhält man außerdem den Temperaturkoeffizienten des elektrischen Leitvermögens für jeden Stab.

Zur Prüfung der Methode wurden drei Stellen ein und desselben Konstantanstäbchens sowohl bei 0° wie bei 100° miteinander verglichen. Die Leitverhältnisse müssen sich hier, abgesehen von den durch Temperaturverschiedenheit bewirkten Änderungen, im Verhältnis 1 : 1 : 1 ergeben. In der Tat betrugen die Abweichungen nur etwa 1%, sodaß man die Methode für brauchbar halten kann.

Anwendung der Methode von Kohlrausch auf kleine Stäbe. Wenn die Dimensionen der Stäbe so klein werden, daß die räumliche Ausdehnung der Lötstelle eines Thermoelementes da-

gegen in Betracht kommt, kann man die Temperatur- und Potentialmessung nicht dadurch auf denselben Punkt beziehen, daß man ein Thermoelement mit seiner Lötstelle an den Stab legt oder lötet. Deswegen wurde bei der vorigen Methode der Stab selbst als Glied einer Thermokette benutzt und die dann auftretende unbekannte Thermokraft des Stabes dadurch eliminiert, daß man ihn gleichzeitig zum Glied einer zweiten Thermokette machte.

Dieses Verfahren läßt sich auf die Methode von Kohlrausch übertragen, sodaß diese auch für Stäbe von kleinen Dimensionen anwendbar wird. Die experimentelle Behandlung gestaltet sich voraussichtlich ähnlich, wie bei der zuerst beschriebenen absoluten Methode, ist jedoch bisher nicht durchgeführt worden.

Bei geeigneter Kombination der Methoden, deren jede bei 100°, 0°, — 80° und — 190° auszuführen ist, läßt sich eine ziemliche Sicherheit der erhaltenen Resultate erwarten.

8. Bestimmung des Wasserwertes eines Berthelotschen Kalorimeters in elektrischen Einheiten[1].

Auf Ersuchen des Hrn. Prof. Emil Fischer wurde diese Messung vorgenommen, um eine Grundlage zu schaffen für den absoluten Wert von Verbrennungswärmen reiner organischer Verbindungen, deren Bestimmung im hiesigen Chemischen Institut mittels desselben Berthelotschen Kalorimeters ausgeführt ist. Der Wasserwert wurde mit der schon öfter zu ähnlichen Zwecken benutzten elektrischen Methode bestimmt. Zu dem Zweck wurde die äußere Zylinderfläche der zur Verbrennung der Substanzen dienenden Bombe mit einem Konstantanband von etwa 11 Ohm Widerstand bewickelt, das gegen den Körper der Bombe und das umgebende Wasser durch mit Schellack getränkte Seidenbänder isoliert war. Unter Benutzung einer Akkumulatorenbatterie von 70 Volt Spannung konnte so in einer Minute eine Energiemenge erzeugt werden, welche rund 6000 Gramm-Kalorien, dem Maximum der bei den Verbrennungen erreichten Wärmemenge, entsprach. Die Messung der Energiemenge beschränkte sich, da der Widerstand sich als vollkommen konstant erwies, auf eine Beobachtung der Spannung an den Enden dieses Widerstandes, die in bekannter Weise mit dem Kompensationsapparat vorgenommen wurde.

Die Temperatur wurde an einem in $^1/_{10}$° geteilten Thermometer mikrometrisch abgelesen und aus dem Temperaturgang vor und nach dem Versuch sowohl die genaue Anfangs- und Endtemperatur, sowie unter Zuhülfenahme des Temperaturverlaufs im Hauptversuch nach dem Newtonschen Abkühlungsgesetz die wegen des Wärmeaustausches mit der Umgebung anzubringende Temperaturkorrektion abgeleitet. Die Zeitdauer des Versuchs wurde mit einem Chronographen bestimmt.

In dieser Weise sind sechs Gruppen von Messungen mit durchschnittlich je 7 Versuchen angestellt worden, bei denen die Spannung zwischen 27 und 68 Volt (Leistung vom 1- bis 6-fachen), die Dauer der Erwärmung zwischen 1 und 4 Minuten, die Erwärmung des Kalorimeters zwischen 1,4° und 3,7° variiert wurde. Die größte Abweichung des Mittelwertes einer Gruppe vom Gesamtmittel (11606 Wattsekunden/Grad bei einer Wassermenge von 2420 g) beträgt 1,4 Promille, der mittlere Fehler des Gesamtmittels etwa $^1/_2$ Promille; die absolute Genauigkeit des Mittelwertes wird auf 1 bis 2 Promille geschätzt.

Der Genauigkeit wird in erster Linie eine Grenze gesetzt durch die Fehler des Quecksilberthermometers; es ist begründete Aussicht vorhanden, daß man mit elektrischen Platinthermometern oder auch Thermoelementen weiter kommen kann. Es besteht deshalb die Absicht, die Versuche zum Zweck der Bestimmung der Verbrennungswärme von besonders ausgewählten Stoffen in abgeänderter Form wieder aufzunehmen. Diese Stoffe können dann zur Eichung solcher Kalorimeter benutzt werden.

9. Wärmedurchgang durch Heizflächen[2].

Die Messungen sind zu Ende geführt und veröffentlicht (Anh. Nr. 6). Mit dem schon früher beschriebenen eisernen Zwillingskessel sind einmal die Beobachtungen bei ungerührtem Wasser in größerm Maßstabe wiederholt, sodann ist auch der Einfluß des Rührens untersucht worden. Starkes Rühren vermindert den Übergangswiderstand in allen Fällen, selbst bei siedendem Wasser etwa auf die Hälfte. Für denselben Rührzustand ist der Übergangswiderstand zwischen Wasser und Metall von der durchgehenden Wärmemenge unabhängig.

[1]) Jaeger, v. Steinwehr.

[2]) Austin.

10. Ausdehnung von geschmolzenem Quarz[1].

Die Ausdehnung eines 0,5 *m* langen Stabes aus geschmolzenem Quarz ist bis 1000° gemessen worden. Als mittlerer Ausdehnungskoeffizient zwischen 0° und 1000° ergab sich 0,00000054 (Anh. Nr. 5).

11. Arbeiten mit dem Fizeau-Abbeschen Dilatometer[2].

Nachdem die im vorjährigen Bericht erwähnten Beobachtungen der relativen Ausdehnung gegen den Normalkörper brauchbare Resultate ergeben hatten, wurde zunächst die Fundamentalaufgabe der Bestimmung der Ausdehnung des Normalkörpers selbst in Angriff genommen und ohne besondere Schwierigkeiten zu Ende geführt (Anh. Nr. 2). Der Normalkörper besteht aus einem rund 15 *mm* hohen Hohlzylinder aus senkrecht zur Achse geschliffenem Quarz, welcher zwischen zwei ebensolchen Quarzplatten aufgebaut ist. Trotz dem großen Gangunterschied von etwa 50000 Wellen in dem Luftzwischenraum lieferten die Spiegelbilder an den einander zugewandten Ebenen der beiden Deckplatten für die grüne und die beiden gelben Quecksilberlinien scharfe Interferenzen, sodaß die Genauigkeit der Messungen der Genauigkeit bei relativen Beobachtungen nicht nachstand.

Die in drei unabhängigen, gut miteinander stimmenden Reihen durchgeführte Untersuchung ergab als Schlußresultat für die Ausdehnung des Quarzes in Richtung der Hauptachse

$$l_t = l_0 (1 + 7{,}144 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}00815 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$$

gemessen nach der Wasserstoffskale. Die Abweichung dieses Wertes von dem von Benoît gefundenen

$$l_t = l_0 (1 + 7{,}161 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}00801 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$$

ist sehr gering und beträgt, gerechnet für die Ausdehnung eines Meter von 0° bis 50° 0,5, von 0° bis 100° nur 0,3 μ.

Im Anschluß an die absoluten Messungen des Quarzringes wurden zunächst die Beobachtungen der relativen Ausdehnungen von Quarz und Platin fortgesetzt, sowie die Untersuchungen auf einen Palladiumzylinder ausgedehnt. Dabei wurden unter Berücksichtigung der Ausdehnung des Quarzes folgende Werte für die Ausdehnung gefunden:

$$\text{Platin} \quad l_t = l_0 (1 + 8{,}805 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}00196 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$$

$$\text{Palladium} \quad l_t = l_0 (1 + 11{,}618 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}00320 \cdot 10^{-6} \cdot t^2),$$

ebenfalls in guter Übereinstimmung mit dem von Benoît beobachteten Wert für

$$\text{Platin} \quad l_t = l_0 (1 + 8{,}901 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}00121 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$$

sowie den von Holborn und Day aus Beobachtungen bei hohen Temperaturen abgeleiteten Werten für

$$\text{Platin} \quad l_t = l_0 (1 + 8{,}868 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}001324 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$$

$$\text{Palladium} \quad l_t = l_0 (1 + 11{,}670 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}002187 \cdot 10^{-6} \cdot t^2).$$

Zur Zeit sind Beobachtungen mit geschmolzenem Quarz im Gange. Ein zunächst untersuchtes Stück aus diesem Material, für welches

$$l_t = l_0 (1 + 0{,}322 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0{,}00152 \cdot 10^{-6} \cdot t^2)$$

gefunden wurde, zeigt eine mittlere Ausdehnung zwischen 0° und 100°, welche mit den obigen Beobachtungen von Holborn und Henning am gleichen Material übereinstimmt.

12. Optische Schmelzpunktsbestimmung[3].

Mit dem optischen Pyrometer wurde der Schmelzpunkt einiger Metalle bestimmt, indem umgekehrt wie bei der Siemensschen Lichteinheit aus der Helligkeit von durchschmelzenden Blechen auf deren Temperatur geschlossen wurde. Da dem optischen Pyrometer die Strahlung des schwarzen Körpers zu Grunde gelegt wird, so bestimmt man auf diese Weise die „schwarze Temperatur“ S, d. h. diejenige Temperatur, die der schwarze Körper bei derselben Helligkeit besitzt.

---

[1]) Holborn, Henning.
[2]) Scheel.
[3]) Holborn, Kurlbaum, Henning.

Den nach dieser Methode bestimmten Schmelzpunkt von Gold und Silber kontrollierte man noch dadurch, daß das optische Pyrometer auf die freistrahlende Oberfläche von Gold oder Silber eingestellt wurde, die einen elektrisch geheizten Tiegel ausfüllten. Für den Erstarrungs- und für den Schmelzpunkt ergab sich hierbei derselbe Wert, den das Durchschmelzen von Blechen geliefert hatte. Die Strahlung des Goldes erfährt bei dem Schmelzen oder Erstarren keine Änderung, während die Oberfläche des Silbers infolge der Aufnahme von Sauerstoff nach dem Erstarren wieder heller und nach dem Schmelzen dunkler wird.

13. Zerstäubung von Platinmetallen[1].

Änderungen, welche Platiniridiumdrähte im Gegensatz zum Platinrhodium infolge elektrischen Ausglühens erleiden, scheinen durch die verschiedenartige Zerstäubung dieser Legierungen bewirkt zu werden. Es führte dies zu der Untersuchung der Zerstäubung elektrisch geglühter Platinmetalle, wobei sich ergab, daß Iridium trotz seines höheren Schmelzpunktes etwa zehnmal stärker zerstäubt als Palladium, Platin und Rhodium. Die Metalle wurden an der Luft in Form von 5 *mm* breiten Blechstreifen bei derselben Temperatur geglüht, die sich leicht mit Hülfe des optischen Pyrometers einstellen ließ. Iridium gab während einstündigen Glühens bei etwa 1700° 70 *mg*, Platin 7 *mg* und Rhodium 6 *mg* ab. Palladium verlor 10 *mg* während einstündigen Glühens bei 1500°.

Nach dem Glühen zeigten alle Metallbleche ein krystallinisches Gefüge, das besonders bei der Legierung 90 Pt, 10 Ir sehr ausgeprägt ist. Mikrophotographien dieser krystallinischen Bleche sind in der Veröffentlichung über diese Untersuchung reproduziert (Anh. Nr. 15).

Da die Zerstäubung der Platinmetalle auch für die elektrische Heizung von Bedeutung ist, so wurde ferner der Einfluß verschiedener Gase auf diese Erscheinung geprüft. Hierbei hat sich ergeben, daß die Zerstäubung von Iridium, Platin und Rhodium im Stickstoff sehr viel geringer, in Sauerstoff stärker erfolgt als in Luft. Daß Platin in Wasserstoff nicht zerstäubt, ist früher von Elster und Geitel, sowie von Nahrwold beobachtet. Ferner hat Stewart sowohl in Wasserstoff als auch in Stickstoff keine Zerstäubung des Platins gefunden. Verkleinerung des Drucks scheint nur soweit von Bedeutung zu sein, als dadurch der Sauerstoff-Gehalt vermindert wird. Anders verhält sich Palladium, bei dem das umgebende Gas (ob Sauerstoff oder Stickstoff) keine große Wirkung auf die Zerstäubung ausübt; dagegen wächst diese stark mit der Abnahme des Druckes.

II. Elektrische Arbeiten.

1. Normalwiderstände[2].

Die im vorigen Bericht erwähnte Messung kleiner Widerstände (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 117. 1902*) bis zu einem Zehntausendstel Ohm abwärts ist durch die beabsichtigte Wiederholung im Schwachstromlaboratorium der Abteilung II abgeschlossen worden. In der Veröffentlichung wurden gleichzeitig die mit dem Drehspulengalvanometer bei der Messung kleiner Widerstände gesammelten Erfahrungen niedergelegt (*diese Zeitschr.* **23.** *S. 33 u. 65. 1903*).

2. Normalelemente[3].

Die Untersuchungen über Normalelemente sind, soweit es die anderen Arbeiten zuließen, fortgeführt worden, zum Teil wieder in Gemeinschaft mit dem Schwachstromlaboratorium von Abteilung II. Es handelt sich hier darum, die Unterschiede im Verhalten verschiedener Sorten von Merkurosulfat aufzuklären, eine Frage, die für die Normalelemente zur Zeit am wichtigsten ist. Die Versuche sind noch nicht zum Abschluß gekommen (vgl. den Bericht der Abt. II).

Die nähere Betrachtung der Polarisationserscheinungen führte zu der bereits kurz mitgeteilten Erkenntnis (Anh. Nr. 23), daß die Polarisation im wesentlichen eine Folge der Konzentrationsänderungen des Elektrolyts an beiden Polen wie auch der Pole selbst ist. Die Depolarisation vollzieht sich durch Diffusion und Auflösung bezw. Abscheidung von festem Salz. Die Beobachtungen haben ferner ergeben, daß ein kurz andauernder stärkerer Strom den Elementen weniger schadet, als ein schwächerer von langer Dauer.

Im Laufe des Berichtsjahres erschienen einige Arbeiten anderer Verfasser, welche das Gebiet der Normalelemente (Kadmiumelemente) berühren und zum Teil Erwiderungen not-

[1]) Holborn, Henning, Austin.

[2]) Jaeger, Lindeck, Diesselhorst.

[3]) Jaeger, Lindeck, v. Steinwehr.

wendig machten. Aus seinen Messungen der Lösungswärme von Kadmiumsulfat zog Hr. Holsboer (Zeitschr. f. phys. Chem. 39, S. 691. 1902) den Schluß, daß dieses Salz bei 15° einen Umwandlungspunkt habe, wie es auch die Hrn. Kohnstamm und Cohen aus ihren Löslichkeitsversuchen geschlossen hatten. Nun ist aber die Beweiskraft von Holsboers, wie auch von anderer Seite gezeigt wurde, anfechtbar; ferner ergab eine nochmalige sorgfältige Bestimmung der Löslichkeit des Kadmiumsulfats (Anh. Nr. 10) eine glatte Kurve, sodaß keine Andeutung eines Umwandlungspunktes vorliegt. Es bleibt dann noch die ebenfalls schon oft ventilierte Frage der Umwandlung des Kadmiumamalgams, welche freilich praktisch bedeutungslos geworden ist, weil in der Reichsanstalt schon längst das anfangs angewandte 14,3 prozentige Amalgam mit 12- bis 13-prozentigem Amalgam vertauscht worden ist, bei dem sich keine Unregelmäßigkeiten zeigen. Eine Mitteilung von Hrn. Bijl, Zeitschr. f. phys. Chem. 41, S. 641. 1902, bestätigt zwar diese Erfahrung; da aber diese Tatsache hier nicht so hinreichend deutlich ausgesprochen worden war, so erschien es nötig, in einer kurzen Erwiderung diesen Gesichtspunkt nochmals hervorzuheben und zu betonen, daß die Kadmiumelemente sich in jeder Beziehung als Normale vorzüglich bewährt haben, was auch aus den zahlreichen zur Prüfung eingesandten Elementen hervorgeht (vgl. den Bericht der Abt. II).

Die im vorigen Tätigkeitsbericht mitgeteilten Untersuchungen wurden fortgeführt und, soweit sie das ballistische Galvanometer betreffen, in zwei Abhandlungen in den Annalen der Physik veröffentlicht (Anh. Nr. 13 u. 14).

In Fortsetzung der früheren Mitteilungen, welche die Ionen K, Na, Li, Cl, NO_3 und JO_3 betrafen, sind die Ionen Cs, Ag, Tl, J, Br, SCN, F und ClO_3 untersucht worden (Anh. Nr. 9).

Aus dem gewöhnlichen Gange einfacher Salze treten das Chlorid und das Fluorid des einwertigen Thalliums heraus, von denen das erstere bezüglich seines Äquivalentleitvermögens schon von [illegible] normaler Konzentration an im Vergleich mit den Alkalichloriden einen [illegible] zunehmenden Minderwert zeigt.

Chlorthallium und Fluorthallium zeigen nichts Auffallendes in größerer Konzentration; in verdünnter Lösung übersteigt das Leitvermögen von TlF erheblich den zu erwartenden [illegible] normal abwärts sogar die Zahl, welche der vollständig eingetretenen Dissoziation in Tl und F entspricht. In großer Verdünnung nähert es sich dieser Zahl [illegible]. Diese Anomalien, sowohl von TlCl wie von TlF, findet man bei keinem anderen [illegible] Salze mit einwertigen Ionen. Daß die bloße Fähigkeit des Thalliums, [illegible] aufzutreten, sie hervorzubringen scheint, ist von Interesse.

Durch die früher vorgeschlagene Formel $(\Lambda_0 - \Lambda)/\Lambda^p = c \cdot m^{1/2}$, wo Λ das zur Konzentration m gehörende Äquivalentleitvermögen und c, p und Λ_0 zu bestimmende Konstanten, lassen sich auch diese neuen Beobachtungen mindestens bis zum zehntelnormalen Gehalt befriedigend darstellen.

	Λ_{18}	α_{18}		Λ_{18}	α_{18}
[illegible]	66,44	0,0265			
[illegible]	[illegible]	[illegible]			
[illegible]	[illegible]	244	SCN	56,63	0,0221
[illegible]	[illegible]	236			
[illegible]	[illegible]	238	NH_4	64,4	222
[illegible]	[illegible]	[illegible]			
[illegible]	[illegible]	[illegible]			
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	244
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	238
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	234
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	235
		[illegible]		[illegible]	236
			[illegible]	[illegible]	2?0

Aus den Konstanten Λ_0 ergeben sich die vorstehenden Beweglichkeiten l_{18} der einwertigen Ionen im Wasser von 18°. Ihre auf 18° bezogenen Temperaturkoeffizienten α sind beigefügt. H und OH, $C_2H_3O_2$ und $C_5H_9O_2$ beruhen auf älteren Bestimmungen.

Bei den einwertigen einatomigen Ionen erscheint α als Funktion von l. Zusammen mit dem früher gefundenen Resultate, daß die Temperaturkurven aller sehr verdünnten wässerigen Lösungen sich so ausdrücken lassen, als entsprängen sie aus derselben tiefen Temperaturgegend (— 38° etwa), und daß für die Reibungskonstante des Wassers ungefähr dasselbe gilt, wird man hierdurch zu der Annahme geführt, daß der elektrolytische Widerstand wesentlich eine Reibungserscheinung zwischen Teilchen des Lösungsmittels ist, die mit den Ionen wandern.

5. Störungsfreies Torsionsmagnetometer[1].

Der Versuch, die Magnetometernadel durch ein astatisches System zu ersetzen und sie damit den Straßenbahnstörungen zu entziehen, kann als gelungen bezeichnet werden, nachdem das Instrument fast ein Jahr lang in Gebrauch gewesen ist. Die magnetische Astasie hat sich gut gehalten, und die Aufhängung an einem Platiniridiumdraht gewährt eine konstante und von elastischer Nachwirkung freie Ruhelage.

Bei der Messung aus erster Hauptlage entsteht nur eine geringe Korrektion an den für die gewöhnliche Magnetnadel gültigen Formeln. Die Empfindlichkeitskonstante des Apparats wird mit Hülfe einer Spule von bekannter Windungsfläche in absolutem Maß ausgedrückt. Eine Beschreibung des Instruments und seines Gebrauchs ist veröffentlicht (Anh. Nr. 8).

III. Optische Arbeiten.

Die optischen Arbeiten betreffen die Festlegung und Verwirklichung der strahlungstheoretischen Temperaturskale mit Hülfe der Gesetze der schwarzen Strahlung und das theoretisch wie praktisch immer wichtiger werdende Leuchten von Gasen und Dämpfen.

1. Verwirklichung der strahlungstheoretischen Temperaturskale bis 2300° abs.[2].

a) *Methode.* Die Gesetze der schwarzen Strahlung, soweit sie sich auf die Gesamtstrahlung und die maximale Energie beziehen, lauten bekanntlich

$$\int_0^\infty E\,d\lambda = \sigma T^4 \quad \text{I}$$

$$\lambda_m T = A \quad \text{II}$$

$$E_m T^{-5} = B \quad \text{III}$$

worin σ, A und B bekannte Konstanten sind. Die Temperatur des schwarzen Körpers wurde mittels des an das Gasthermometer angeschlossenen Le Chatelierschen Thermoelementes (vgl. den Tätigkeitsbericht für 1900, *diese Zeitschr.* ***21.*** *S. 107. 1901*) gemessen, diese Gesetze sind also experimentell nur soweit streng nachgewiesen, als der Anschluß an das Gasthermometer reicht, also bis etwa 1150° C. = 1420° abs. Darüber hinaus beruht ihre Prüfung auf der Extrapolation der Beziehung zwischen der thermoelektrischen Kraft und der Temperatur.

Um die Grenze der Gültigkeit zu erweitern, wurde folgender Weg eingeschlagen. Es wurde zunächst die Hypothese gemacht, daß jedes der gefundenen Strahlungsgesetze ein allgemeingültiges Naturgesetz sei und bis zu den höchsten Temperaturen Gültigkeit besitze. Dann folgt, daß man mit Hülfe jedes einzelnen dieser Gesetze auch umgekehrt die unbekannte Temperatur des schwarzen Körpers bezw. der von ihm ausgesandten „schwarzen" Strahlung messen kann, und man erhält so viele Methoden der Temperaturbestimmung, als man voneinander unabhängige Strahlungsgesetze kennt. Ergeben diese verschiedenen Gesetze eine und dieselbe Temperatur des schwarzen Körpers, wie hoch man diesen auch erhitzt, so darf man mit größter Wahrscheinlichkeit schließen, daß die den Messungen zugrunde gelegten Gesetze bis zu der höchsten erreichten Temperatur als richtig angenommen werden dürfen.

[1]) Kohlrausch, Holborn, Henning.

[2]) Lummer, Pringsheim.

Außer den Strahlungsgesetzen I, II und III wurde auch die Beziehung zwischen der spektralphotometrisch gemessenen *Helligkeit* der schwarzen Strahlung und der Temperatur zur Bestimmung herangezogen.

b) Der elektrisch geglühte Kohlekörper. Es kam also vorerst darauf an, die schwarze Strahlung bei möglichst hoher Temperatur zu verwirklichen. Der zu diesem Zwecke konstruierte schwarze Kohlekörper (vgl. den vorigen Bericht) nahm im Verlaufe der Untersuchungen schließlich die aus Fig. 2 ersichtliche Form an. Die Enden des 1,2 *mm* dicken Kohlerohrs R sind schwach konisch ausgebildet und galvanoplastisch verkupfert. Über diese konischen Enden sind dickere Kohlezylinder A übergestülpt, welche innen und außen verkupfert sind und in den starken metallischen Klemmbacken B ruhen, bei denen der Heizstrom eintritt. Die Hinterwand des strahlenden Hohlraumes wird durch den gut passenden Kohlepfropf P_1 gebildet. Die beiden anderen Pfropfen P_2 und P_3 sollen einerseits die Durchsicht, andererseits den Zutritt der äußeren Luft verhindern. Durch die vor der Strahlungsöffnung

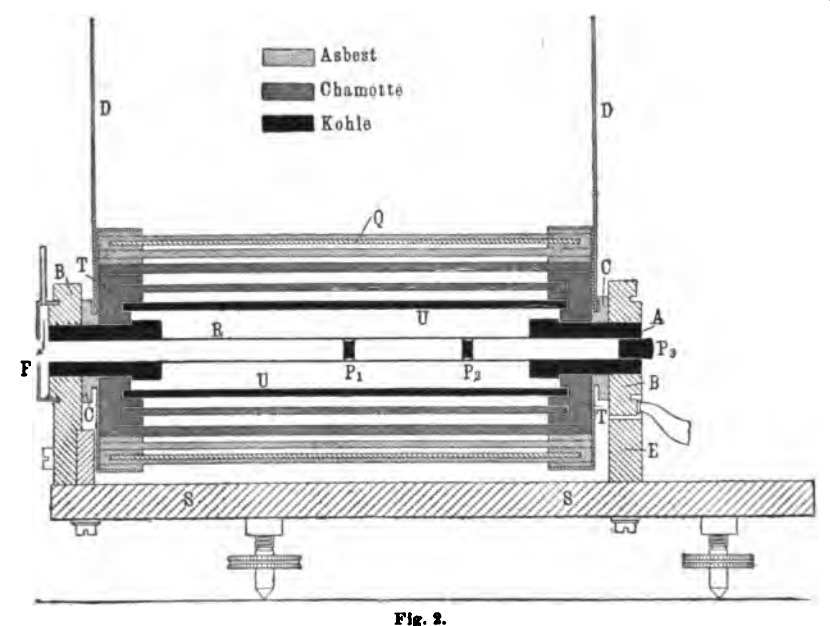


Fig. 2.

angebrachte Kappe F streicht in Richtung des Pfeils langsam ein Stickstoffstrom. Um die Kohle außen vor der Verbrennung zu schützen, ist das Heizrohr mit einem System von Hüllen umgeben, deren Montierung aus der Figur ersichtlich ist. Das innerste Schutzrohr U aus Kohle soll den Sauerstoff der etwa eindringenden Luft verzehren, das Nickelrohr Q soll die Ausstrahlung möglichst verringern.

Bei den hohen Temperaturen gerieten selbst die dicken metallenen Klemmbacken in Rotglut. Um dies zu verhindern, wurden große Kupferscheiben D angebracht, die fest auf den Kupferringen C aufsitzen und die Wärme nach außen ableiten.

c) Versuchsanordnung. Um die Temperatur des Kohlekörpers nach den verschiedenen Methoden schnell hinter einander bestimmen zu können, ist folgende Versuchsanordnung getroffen worden. Der Kohlekörper ist auf einem Wagen montiert, der auf eisernen Schienen rollt. Längs der Fahrbahn sind die verschiedenen Meßapparate: Flächenbolometer, Spektralbolometer und Spektralphotometer so aufgestellt und justiert, daß durch bloße Verschiebung des Wagens der schwarze Körper vor jedem Apparat in die richtige Position gebracht werden kann.

d) Eichung der Meßapparate. Die verschiedenen Meßapparate wurden mit Hülfe eines absolut schwarzen Körpers von bekannter Temperatur geeicht. Als solcher wurde der elektrisch geglühte Porzellankörper benutzt und seine Temperatur durch ein Le Chateliersches Thermoelement gemessen. Auf diese Weise erhielt man den Wert der Konstanten für die

benutzten Meßapparate, welche unter ganz den gleichen Verhältnissen zur Temperaturbestimmung des Kohlekörpers dienten.

e) Resultate. Es wurde der Kohlekörper bei verschieden hohem Glühzustande der Messung unterworfen, wobei sich stets zeigte, daß alle genannten Methoden der Temperaturbestimmung miteinander innerhalb der Versuchsfehler gleiche Resultate ergeben.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate bei der höchsten gemessenen Temperatur mitgeteilt.

Reihenfolge	Methode	Abs. Temp.	Abstand vom Bolometer		Wellenlänge				
			90 *cm*	60 *cm*	0,62 μ	0,59 μ	0,55 μ	0,51 μ	0,49 μ
1.	Helligkeit	2310	—	—	2294	2315	2309	2312	2320
2.	Gasamtstrahlung . . .	2325	2317	2335	—	—	—	—	—
3.	Helligkeit	2320	—	—	2307	2307	2315	2331	2339
4.	Gesamtstrahlung . . .	2330	2330	2330	—	—	—	—	—
5.	Energiemaximum . .	2330	—	—	—	—	—	—	—
6.	Helligkeit	2330	—	—	2325	2327	2325	2339	2333
7.	Gesamtstrahlung . . .	2345	2348	2339	—	—	—	—	—
8.	Energiemaximum . .	2320	—	—	—	—	—	—	—

Die Werte der maximalen Energie sind direkt aus den auf das Normalspektrum reduzierten Energiekurven abgelesen worden; die dabei möglichen Fehler gehen nur mit der fünften Wurzel in das Resultat ein. Die Bestimmung der Lage (λ_m) des Energiemaximums ist relativ ungenau. Da hierbei der Fehler von λ_m mit seiner ganzen Größe in die Temperaturbestimmung aus $\lambda_m T = 2940$ eingeht, so ist der aus λ_m gefundene Wert der Temperatur in der Tabelle fortgelassen.

In dieser sind die Resultate in zeitlicher Aufeinanderfolge mitgeteilt. Unter „Helligkeit" sind die *spektralphotometrisch* gewonnenen Temperaturen enthalten, wobei der unter „Abs. Temp." angegebene Wert der Mittelwert aus den für die verschiedenen Wellenlängen gefundenen Zahlen ist.

Die mit dem Flächenbolometer gewonnenen Temperaturen stehen unter „Gesamtstrahlung" und sind das Mittel aus den bei 90 *cm* und 60 *cm* Abstand gefundenen Werten.

Die aus den Energiekurven erhaltenen Temperaturen sind unter „Energiemaximum" aufgeführt.

Die Übereinstimmung der nach den verschiedenen Methoden gefundenen Temperaturen ist eine so gute, daß damit die Gültigkeit der zugrunde gelegten Strahlungsgesetze bis zu 2300° abs. als erwiesen gelten darf. Durch die Strahlungsmethoden ist die Grenze der exakten Temperaturmessung um fast 1000° erweitert worden.

f) Strahlungstheoretische Temperaturskale. Geht man aber weiter und definiert die absolute Temperatur als Funktion der Strahlungsenergie des schwarzen Körpers, so gewinnt man eine neue Temperaturskale. Da die neue Skale auf der Strahlung des schwarzen Körpers beruht, so ist sie von den individuellen Eigenschaften irgend welcher Substanzen unabhängig, also eine ebenso „absolute" Skale wie die Thomsonsche. Vor dieser hat die strahlungstheoretische Temperaturskale aber den großen Vorzug, daß sie nicht eine bloß theoretische Bedeutung hat, sondern daß man gemäß der Definition die Messung auch praktisch ausführen kann (Anh. Nr. 18).

2. Interferenzspektroskop[1]).

Es zeigte sich, daß für die Leistungsfähigkeit des Interferenzspektroskops zwei Beziehungen maßgebend sind. Bezeichnet p die Anzahl der vielfachen, zur Interferenz mitwirkenden Strahlenbüschel, q den Gangunterschied zweier benachbarter Strahlen, so ist die „Dispersion"

$$\frac{\delta\lambda}{\lambda} = \frac{1}{p \cdot q} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

[1]) Lummer, Gehrcke.

Ferner ist die „*Sichtbarkeit*", d. h. die maximale *Anzahl* von zugleich im Interferenzbild wahrnehmbaren, homogenen Spektrallinien

$$s = p - 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

Hieraus ergeben sich die Prinzipien, nach denen möglichst vollkommene Interferenzspektroskope zu konstruieren sind.

Die auf Grund dieser Erwägungen hergestellten planparallelen Platten großer *Länge* zeigten gegen die früheren Apparate eine erhöhte Leistungsfähigkeit. Man beobachtete, daß die grüne Hg-Linie 546 $\mu\mu$ sogar aus 21 Linien besteht, während mittels der anderen Auflösungsapparate, wie Stufengitter u. s. w., die gleiche Linie nur als 6-fach erkannt wurde.

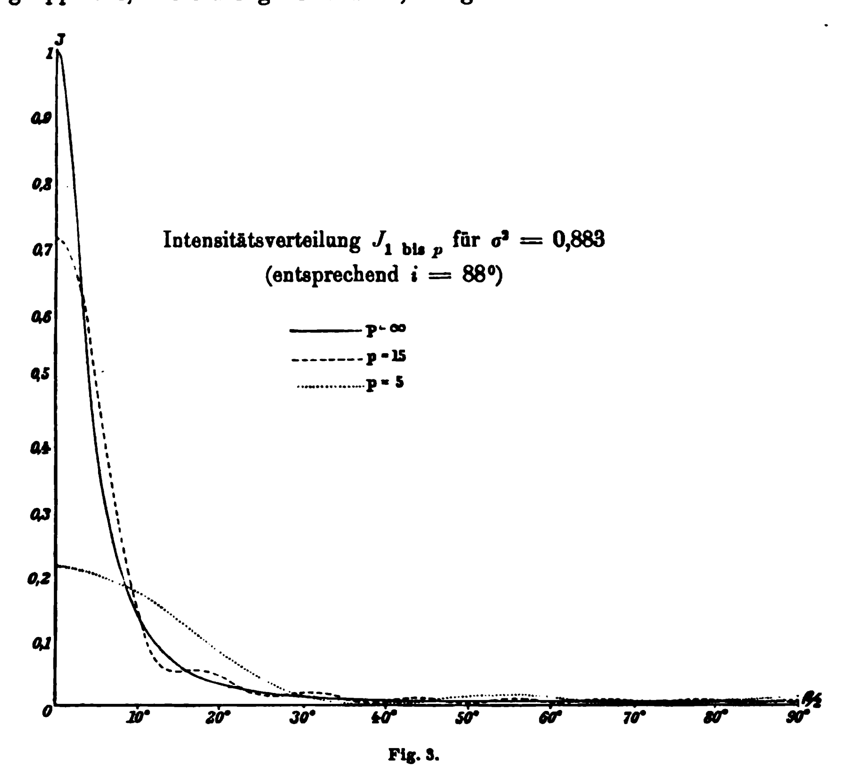


Fig. 3.

Auch andere Spektrallinien, besonders diejenigen des Kadmiums, wurden untersucht. Es zeigte sich auch hier, daß jede Linie von Trabanten begleitet ist. Man darf mit Sicherheit behaupten, daß die komplizierte Struktur der Spektrallinien nicht an einzelne Elemente wie Quecksilber u. s. w. gebunden ist, sondern eine allgemeine Eigenschaft der leuchtenden Substanzen ist.

3. Interferenzfähigkeit des Lichtes bei mehr als 2 Millionen Wellenlängen Gangunterschied[1]).

Im Zusammenhang mit diesen Beobachtungen wurde eine Methode gefunden, mittels welcher man die Frage untersuchen kann, wie lange die von einem lichtgebenden Teilchen vollführten Schwingungen gleichmäßig und ungestört verlaufen, so, daß die von ihm ausgesandten Wellenzüge kohärent und interferenzfähig bleiben.

Bisher hatte die eingehendere Behandlung dieser Frage eine Grenze an der Inhomogenität der Spektrallinien gefunden. Denn da einmal keine der bisher untersuchten Spektrallinien von einfacher Struktur ist, vielmehr überall Trabanten beobachtet werden, die der Linie sehr nahe benachbart sind, so überlagern sich bei hohem Gangunterschied die von den verschiedenen Trabanten erzeugten Interferenzringe und müssen ein Verschwinden des Phänomens hervorrufen. Ferner aber muß nach dem Dopplerschen Prinzip jeder einzelne Trabant einen wenn auch sehr kleinen, immerhin endlichen Spektralbereich

[1]) Lummer, Gehrcke.

einnehmen, und dies ist eine zweite Ursache, an welcher die Beobachtung von Interferenzen beliebig hohen Gangunterschieds bisher scheiterte.

Bei der neuen Methode schließt man, ohne die Dicke der planparallelen Platte entsprechend weiter zu steigern, aus der Mitwirkung der im Innern vielfach reflektierten Strahlen auf die Interferenzfähigkeit. Die vielfachen Strahlen bewirken bekanntlich nur, daß die Interferenzringe eine bedeutende Schärfe und Intensität erlangen. In Fig. 3 ist, um dies zu zeigen, die Intensitätsverteilung zwischen einem Interferenz-Maximum und -Minimum für den Einfallswinkel 88° dargestellt, wie sie von 5, 15 und allen unendlich vielen reflektierten Strahlen erzeugt wird.

Der erste Weg zur Feststellung der Anzahl p der mitwirkenden Strahlen besteht in der Anwendung des früher genannten Gesetzes der „Sichtbarkeit“ $s = p - 1$. Dieser Weg ist eine Minimalmethode und erlaubt nur, auf die Mindestanzahl der mitwirkenden Strahlen p zu schließen, gibt diese aber mit großer Sicherheit.

Ein zweiter, direkterer Weg beruht auf der nach und nach erfolgenden Abblendung der vielfachen Strahlen.

Es wurde folgende Versuchsanordnung gewählt (Fig. 4). Eine 6 *cm* dicke, planparallele Glasplatte ist auf der einen Seite AB undurchsichtig versilbert und trägt einen schmalen

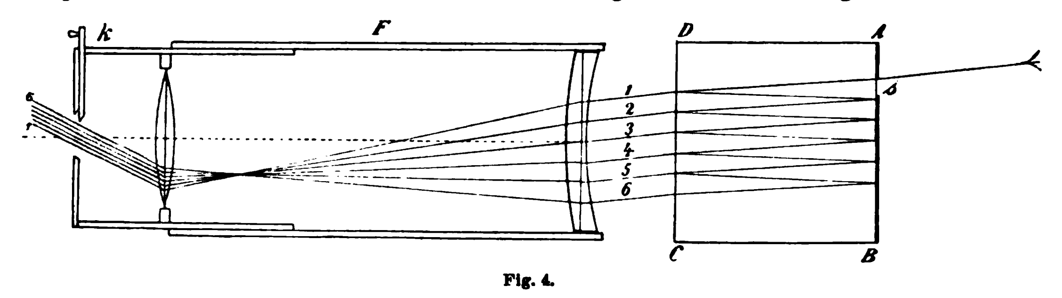


Fig. 4.

Spalt s in der Silberschicht, durch welchen grünes Quecksilberlicht eintritt. Die andere Seite CD der Platte hat eine durchsichtige Silberschicht. Hierdurch wird bewirkt, daß der eintretende Strahl in die vielfachen Bündel 1, 2, 3 u. s. w. geteilt wird, welche dann von dem Fernrohr F in der Brennebene vereinigt werden.

Hält man vor das Okular des Fernrohrs eine Lupe, so erblickt man die einzelnen Spiegelbilder des in die Silberschicht AB eingeritzten Spaltes getrennt neben einander liegend; ein in das Okular dicht hinter den Okularkreis eingesetzter Schieber k erlaubt, beliebig viele derselben abzublenden. So wurde gefunden, daß noch die Abblendung des 9. Spiegelbildes und aller folgenden, den Strahlen 10, 11 u. s. w. zugehörigen Spiegelbilder das Interferenzphänomen deutlich unschärfer macht. Hieraus ist also zu folgern, daß das Licht bis zu dem Gangunterschied von $2 \cdot 6 \cdot 1{,}5 \cdot 8 = 144$ *cm* Luft oder 2 600 000 Wellenlängen seine Interferenzfähigkeit beibehält (Anh. Nr. 19).

(Fortsetzung folgt.)

Referate.

Geometrische Theorie der Anwendung der Röhren-Libelle zum Vertikalrichten der Umdrehungsachse eines Instruments.

Von M. d'Ocagne. *Bulletin astronomique. Februar 1903. (S.-A. 4 S.)*

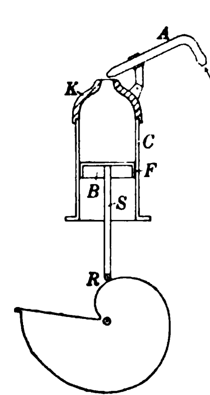
Beim Gebrauch der Röhren-Libelle zum Vertikalrichten der Hauptachse eines altazimutal aufzustellenden Instruments, z. B. des Theodolits zu geodätischem Gebrauch oder zur direkten Bestimmung der Ortszeit oder der geographischen Koordinaten des Standpunkts, des Achszapfens eines Nivellierinstruments u. s. f. hat man von folgendem Satz auszugehen: Wenn die *Hauptebene* der Libelle (bei einer aus einer zylindrischen Röhre *gebogenen* Libelle die Äquatorebene des Kreiswulsts, dem die Libelle angehört, bei geschliffener Libelle ähnlich

zu definieren) parallel zu der durch die senkrecht zu stellende Umdrehungsachse (mit der die Libelle fest verbunden ist) gelegten Vertikalebene geht, so sind die Ausschläge der Libellenblase proportional den Neigungsveränderungen der Umdrehungsachse in dieser ihrer Vertikalebene. Nun bildet aber in der Praxis die erste Lage, die man der Hauptebene der Libelle gibt und deren Richtung durch die Verbindungslinie zweier von den drei Stellschrauben bestimmt wird, einen ganz *beliebigen* Winkel mit der augenblicklich noch vorhandenen Vertikalebene der senkrecht zu stellenden Umdrehungsachse (die zweite Lage der Libellenhauptebene geht dann bekanntlich „über die dritte Stellschraube"). Hiernach ergibt sich ein Mangel an Strenge in der Theorie dieser Anwendung der Röhrenlibelle. Der Verf. zeigt (nach seinen Vorträgen über Topometrie an der *École des Ponts et Chaussées*), wie man sich geometrisch sehr einfach darüber Rechenschaft geben kann, daß der eben angedeutete übliche Vorgang in der Tat zum Ziel führt. *Hammer.*

Der Tonvariator.

Von L. W. Stern. *Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane* **30.** *S. 422. 1902.*

Der ursprünglich für physiologische Zwecke konstruierte Apparat kann auch für physikalische Demonstrationen und Untersuchungen Anwendung finden; er gestattet, die in einer Flasche durch Anblasen derselben erzeugten Töne kontinuierlich zu verändern und zu bestimmen. Anfangs wurde zur Veränderung der Tonhöhe Flüssigkeit verwendet, die aber kein sauberes Arbeiten gestattet und auch wegen ihrer Verdunstung keine konstante Eichung des Apparates zuläßt (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **17.** *S. 156. 1897*); später benutzte Verf. zu demselben Zweck einen festen Kolben. Die Flasche (s. die Figur) besteht aus einem Messingzylinder *C*, der oben durch eine starkwandige, aus abgedrehtem Zinkguß hergestellte Kappe *K* mit offenem Hals geschlossen ist. Die Kappe hat den Zweck, dem schwachwandigen Zylinder festen Halt zu geben, sodaß seine Wände nicht mitschwingen können. Der Boden wird durch einen Metallkolben *B* gebildet, der sich mittels einer geölten Filzumhüllung *F* dem Zylinder luftdicht anschmiegt und dabei leicht in ihm gleiten kann. *A* zeigt die Anblasevorrichtung, welche mit einem Blasebalg von konstantem Druck in Verbindung steht. Der Kolben soll sich derart verschieben, daß sich dabei die Tonhöhe gleichmäßig ändert;



da aber die Tonhöhe in der Flasche annähernd der Quadratwurzel aus der schwingenden Luftsäule umgekehrt proportional ist, so wird der Kolben zwangsweise durch eine Metallscheibe von passender Form so geführt, daß bei gleichmäßiger Drehung der Scheibe die Bewegung des Kolbens dem obigen Gesetz entspricht. Zu diesem Zweck ist das untere Ende der Kolbenstange *S* mit einem Röllchen *R* versehen, das auf dem Rand der massiven Scheibe gleitet und der Kolben wird derart beschwert, daß er auch in absteigendem Sinn der Scheibe folgt. Der spiralförmig gestaltete Umfang der Scheibe erhält durch Probieren seine letzte Form; bei kleinerem Radius muß die Steigung der Spirale erheblich steiler sein, als bei größerem Radius. Auf der Achse der Scheibe sitzt eine zweite kreisförmige Scheibe, die sich vor einem festen Zeiger bewegt und auf deren Umfang die Schwingungszahlen angeschrieben sind. Zur Feinverstellung wurde die Achse durch ein Zahnrad mit achtfacher Übersetzung angetrieben. Die Kurbelachse trägt dann eine zweite Scheibe, an der die Einstellung der Tonhöhe noch feiner erfolgen kann. Die günstigste Stellung der Anblasevorrichtung muß ausprobiert werden; darauf wird das Scharnier derselben (s. die Figur) durch Verlöten fixiert. Der Umfang des Tonbereichs einer Fläche beträgt meist etwa eine Oktave. Da die Tonhöhe auch von der Temperatur, der Stärke des Anblasestroms u. s. w. abhängt, muß die Flasche an Ort und Stelle geeicht und die Eichung auch öfter durch eine Stimmgabel kontrolliert werden. Empfehlenswert ist es, schon wegen der Abstimmnug, zwei Flaschen derselben Art zu besitzen. Der Apparat ist in Verbindung mit einer geeigneten Anblasevorrichtung von Hrn. Mechaniker F. Tiessen in Breslau zu beziehen. *W. J.*

Über Brechung der Wärmestromlinien und ihre Demonstration.

Von F. Richarz. *Naturw. Rundschau* ***17.*** *Nr. 38. 1902.*

Um auf der Oberfläche eines von Wärme durchströmten Körpers Linien gleicher Temperatur sichtbar zu machen und dadurch die Richtung der Wärmestromlinien zu demonstrieren, war als gut brauchbares Mittel nur die sehr teuere Elaidinsäure bekannt, die von W. Voigt bei Bestimmungen der Wärmeleitfähigkeit benutzt ist. Mit etwas Wachs und Terpentin vermischt auf die zu untersuchende Fläche gestrichen, liefert die Elaidinsäure scharf ausgeprägte Erstarrungskurven, welche einer Temperatur von 45° entsprechen. Der Verf. benutzt für Demonstrationszwecke thermoskopische Substanzen, die bei bestimmten Temperaturen einen starken Farbenwechsel zeigen, nämlich das Doppelsalz Jodkupfer-Jodquecksilber, welches unterhalb 70° rot und über 70° schwarzbraun gefärbt ist, ferner Jodsilber-Jodquecksilber, welches in der Nähe von 45° von Gelb in Orange umschlägt.

Dst.

Konstruktion eines optischen Komparators für Etalon-Endmaßstäbe.

Von A. Lafay. *Compt. rend.* ***133.*** *S. 867. 1901.*

In dieser kurzen Notiz ist der Plan zum Bau eines Apparats angegeben, mit dessen Hülfe Dicken-Etalons mit konvexen oder auch konkaven Endflächen unter einander verglichen werden können. Während die Meßmethode auf der Erzeugung von Fizeauschen Streifen mit weißem Licht beruht, ähnelt der Aufbau des Apparats dem Michelsonschen Interferenz-

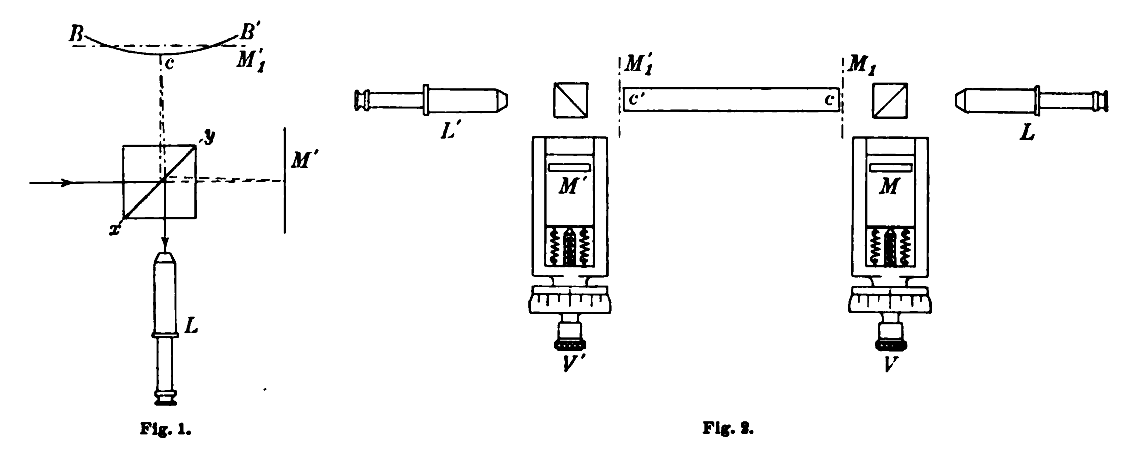


Fig. 1. Fig. 2.

refraktometer. Die Meßmethode ist aus dem in Fig. 1 dargestellten Schema ersichtlich. Das auf das Refraktometer fallende Licht wird zum Teil von der polierten Kugelfläche BcB' des Maßstabes, zum Teil von dem metallischen Planspiegel M' reflektiert und gelangt darauf in das Fernrohr L. Dann ist M_1', das Bild von M' in Bezug auf xy, die Vergleichsebene. Durchschneidet diese die Kugelfläche, so erblickt man in dem auf die letzte eingestellten Fernrohr die Newtonschen Farbenringe, darunter einen weißen Ring. Dieser kann durch passende Verschiebung von M' verkleinert werden und zieht sich schließlich zu einem weißen Punkt zusammen. Alsdann berührt M_1' die Kugelfläche im Punkte c.

In Fig. 2 ist der Aufbau des Komparators skizziert. Die zu vergleichenden Etalons werden nacheinander in die Lage von cc' gebracht. Mittels der beiden Mikrometerschrauben V und V' stellt man die Spiegel M und M' so, daß die Vergleichsebenen M_1 und M_1' die Endflächen c und c' des Maßstabes berühren. Die algebraische Summe der Verschiebungen, welche man den Spiegeln M und M' erteilen muß, wenn der Etalon durch einen anderen ersetzt wird, ist dann gleich ihrer Längendifferenz.

Diese Vergleichungsmethode bietet vor anderen den Vorteil, daß die Endflächen der Maßstäbe bei der Messung in keiner Weise deformiert werden. *Schck.*

Kurvenindikator.

Von R. B. Owens. *Engineering* **74.** *S. 741. 1902.*

Der Apparat von Owens besteht aus einem Spiegeldynamometer mit zwei festen und einer beweglichen Spule. Der Wechselstrom, dessen Kurve aufgenommen werden soll, wird in die eine feste Spule geschickt, während die andere feste Spule einen Gleichstrom führt. Die bewegliche Spule wird an eine zweite, passende Gleichstromquelle angeschlossen und in ihren Stromkreis ein Joubertscher Augenblickskontakt eingeschaltet, sodaß durch diesen Kontakt nur ein Hülfsstrom fließt. Nun wird der Gleichstrom in der festen Spule so lange verändert, bis die bewegliche Spule keine Ablenkung mehr erfährt. Dann heben sich für die durch die Stellung des Kontaktmachers gegebene Phase die Felder der Gleichstrom- und der Wechselstromspule gegenseitig auf. Die Stärke der den Kontaktmacher und die bewegliche Spule durchfließenden Stromstöße beeinflußt also lediglich die Empfindlichkeit der Nulleinstellung. Der die feste Spule durchfließende Gleichstrom wird mittels eines Zeigerinstrumentes gemessen und ist dem betreffenden Augenblickswerte des Wechselstromes proportional.

Es sei darauf hingewiesen, daß das Prinzip dieser Methode bereits früher von Kaufmann zur Aufnahme von Magnetisierungskurven bei Magnetisierung durch Wechselstrom angegeben worden ist (vgl. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **1.** *S. 42. 1899*). *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

W. Ostwald u. **R. Luther,** Hand- u. Hülfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer Messungen. 2. Aufl. gr. 8°. XII, 492 S. m. 319 Fig. Leipzig, W. Engelmann 1902. Geb. in Leinw. 15,00 M.

In einem Spezialwerke wie dem vorliegenden können naturgemäß nicht alle physikalischen Methoden zur Darstellung gelangen; es werden von ihnen nur diejenigen eingehend behandelt, welche auch die Grundlagen physiko-chemischer Messungen bilden. Ebenso werden rein physikalische Apparate nur ausnahmsweise beschrieben und abgebildet. Um ein Bild davon zu geben, was das Buch bietet, soll eine kurze Inhaltsübersicht desselben mitgeteilt werden. Die ersten vier Kapitel behandeln das Rechnen, die Längenmessung, die Wägung und die Messung und Regulierung der Temperatur. Im fünften Kapitel wird eingehend und unter Berücksichtigung aller bei physikalisch-chemischen Arbeiten vorkommenden Verhältnisse die Einrichtung und vor allem die Regulierung von Thermostaten besprochen. Weitere Abschnitte handeln vom Glasblasen, Manometer, Volumen und Dichte und von der Bestimmung von thermischen Größen der Substanzen. Hierbei wird den kalorimetrischen Arbeiten in einem eigenen Kapitel besondere Sorgfalt zugewendet. Kürzer werden die optischen Messungen behandelt und die innere Reibung, Oberflächenspannung und Diffusion, da diese Teile der Physik bisher in geringerem Maße Anwendung auf die physikalische Chemie gefunden haben. Ausführlicher sind dann wieder die wichtigen Kapitel über Löslichkeit und Molekulargewichtsbestimmung an Lösungen. Den größten Raum nehmen die Abschnitte über elektrische Messungen ein, entsprechend ihrer großen Bedeutung für die physikalische Chemie. Während sonst in dem Buche, das gegenüber der ersten Auflage fast auf den doppelten Umfang gekommen ist, die alte Einteilung beibehalten worden ist und nur die einzelnen Abschnitte zum Teil inhaltlich vermehrt worden sind, ist hier eine durchgreifende Änderung eingetreten, indem aus einem Kapitel fünf entstanden sind, nämlich 1. Elektrische Messungen. Allgemeines. Technisches. 2. Elektromotorische Kraft. 3. Leitfähigkeit der Elektrolyte und Dielektrizitätskonstante. 4. Elektrizitätsmenge und Überführungszahl und 5. elektrische Temperaturmessung. Die beiden letzten Kapitel behandeln die chemische Dynamik und einige speziell physiko-chemische Fragen. In einem Anhange findet sich eine Sammlung physikalisch-chemischer Übungsaufgaben nebst Hinweisen auf die entsprechenden Stellen in den Lehrbüchern von van 't Hoff, Ostwald und Nernst.

Den Schluß bilden ein sorgfältig durchgearbeitetes Sachregister und ein Verzeichnis der im Texte vorkommenden Tabellen, Zahlenangaben und Rezepte. Auf einen besonderen Tabellenanhang ist jedoch im Gegensatz zu der früheren Auflage des Buches verzichtet worden.

Von Apparaten, die zum Teil weniger bekannt sind, weil sie diesem Spezialgebiete angehören, möchte ich die Thermostaten nebst Rührer und Thermoregulatoren (*S. 86 bis 97*) hervorheben, die besonders eingehend behandelt sind, ferner einige Anordnungen von Büretten mit Flaschen (*S. 138 bis 139*), Schüttelapparate (*S. 281 bis 282*), verschiedene Formen des Kapillarelektrometers (*S. 335 bis 342*) und von Elektrodengefäßen (*S. 377 bis 380*), einen Apparat zur Bestimmung von Überführungszahlen (*S. 435*) und einen solchen zur statischen Messung von Dampfdrucken (*S. 173*). Einer jeden Methode sind zahlreiche Literaturnachweise aus den letzten Jahrgängen leicht zugänglicher Zeitschriften beigegeben, welche eine weitergehende Orientierung sehr erleichtern.

Der umfangreiche Stoff ist mit großer Sachkenntnis klar und eingehend bearbeitet und es ist dabei den Bedürfnissen sowohl eines Anfangspraktikums als denen des selbständigen Arbeiters Rechnung getragen worden. Wo die untere Grenze des als bekannt Vorauszusetzenden bei einem derartigen Buche gezogen werden soll, das, wie der erste Verfasser im Vorwort bemerkt, „für den Chemiker und Physiker, welcher den gebräuchlichen Kurs seines Faches bereits ganz oder größtenteils erledigt hat“, bestimmt ist, läßt sich natürlich schwer entscheiden, doch scheint es dem Ref., als ob diese Grenze nicht gleichmäßig genug gezogen ist, da z. B. über elektrische Meßinstrumente fast nichts mitgeteilt wird, während Stromschlüssel, Klemmschrauben u. dgl. eingehend behandelt werden. *v. St.*

Erwiderung auf die Besprechung meines Lehrbuches der geometrischen Optik.

Die Besprechung meines Lehrbuches in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 348. 1902* nötigt mich zu der folgenden Erwiderung.

1. Die vom Ref. als unrichtig bezeichnete Formel 14) *S. 157*, nach der die Hartingschen Tabellen berechnet sein sollen, ist nur eine Durchgangsform, die zu der Formel 16) derselben Seite führt. Der Ref. hat offenbar übersehen, daß auf *S. 156*, *Z. 27* der Übergang gemacht ist von dem allgemeinen Fall der Komadarstellung auf den Fall eines Systems unendlich dünner im Kontakt befindlicher Linsen. Ferner wird von meiner Arbeit gesagt: „Wie der Verf. im Übrigen mit dem Begriff der Koma umspringt, zeigt *S. 412.*“ „Aus der „„Kontinuität der optischen Gesetze““ wird gefolgert, daß die Hälfte eines symmetrischen Objektivs komafrei ist; . . .“ Gegen diese Darstellung muß ich protestieren und sehe mich gezwungen, hier auf die Sache einzugehen. Wenn von einem leuchtenden Punkt Strahlen im Hauptschnitt eines zentrierten Systems ausgehen, so bilden sie nach der Passage durch das System eine diakaustische Linie, welche im allgemeinen eine Asymptote hat. Diese Asymptote fällt mit derjenigen Richtung zusammen, in welcher zwei unendlich nahe und einander parallel austretende Strahlen verlaufen. Von diesem Strahlenpaare ist in meinem Buche an der betreffenden Stelle die Rede. Verfolge ich nun einen dritten vom leuchtenden Punkt ausgehenden Strahl, der dem genannten Strahlenpaare unendlich benachbart ist, so kann ich annehmen, daß dieser nach der Brechung ebenfalls diesem Strahlenpaar parallel läuft, d. h. es in unendlicher Entfernung schneidet; denn sonst müßte die Diakaustik eine Diskontinuität aufweisen, indem einer unendlich kleinen Neigungsänderung einer Tangente eine unendlich große Schnittpunktsverschiebung entspräche. Dabei ist es mir nicht eingefallen zu behaupten, daß die Schnittpunkte der drei parallel austretenden Strahlen im Unendlichen zusammenfallen. Diese Schnittpunkte liegen im allgemeinen noch um unendlich große Strecken voneinander entfernt, sodaß der Schluß des Ref. aus dieser Vorstellung, es sei die Hälfte eines symmetrischen Objektivs komafrei, vollständig übereilt ist.

2. Der Ref. rügt dann den von mir gebrauchten Ausdruck „sphärische Aberration außer der Achse“ für die Erscheinung der „Koma“. Der von mir gebrauchte Ausdruck ist in den Kreisen der rechnenden Optiker ziemlich gebräuchlich; so findet sich z. B. in dem Aufsatz: Das „Heliar“ von Dr. H. Harting (*Photogr. Corresp. 1902. S. 2*) der Satz: „— — legte

ich das größte Gewicht auf vollkommene Beseitigung der sphärischen Aberration nicht parallel zur optischen Achse einfallender Bündel, der sogenannten Koma". Der vom Ref. vermißte Hinweis auf das gegensätzliche Verhalten zwischen aplanatischen und orthoskopischen Punkten findet sich übrigens in § 156 und § 271. Was der Ref. über das Petzval-Theorem und die Krümmungen der astigmatischen Bildflächen sagt, entspricht der landläufigen, seit Jahrzehnten herrschenden Anschauungsweise. Seine Kritik meiner Darlegungen muß ich einfach ablehnen, da eine kurze Verteidigung meinerseits bei dem geringen hier zur Verfügung stehenden Raum doch zwecklos wäre. Doch verweise ich auf meine Arbeit in den *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **4.** *S. 13. 1902.* Ich kann hier die Äußerung nicht unterdrücken, daß ich im Besitz der Kenntnis einer Reihe von Erscheinungen auf diesem Gebiete bin, die mit den bis jetzt herrschenden Ansichten in Widerspruch stehen, und ich hoffe, in nicht allzu langer Zeit darüber berichten zu können.

3. Der Ref. macht mir daraus einen Vorwurf, daß ich dem, was ich im § 186 für dünne sich berührende Linsen folgere, auf *S. 487* eine Bedeutung für Anastigmate beilege. Dieser Vorwurf ist unbegründet. Denn *S. 487* sage ich ausdrücklich, daß jene Folgerung nur für einen „einfachen Achromaten" (d. h. also für ein dünnes System) gültig ist. Den Hinweis konnte ich aber nicht unterlassen, da doch die Anwendung des Petzvalschen Satzes auf die markante Tatsache der Verwendung des hochbrechenden Crown führt, die für die Konstruktion der modernen Anastigmate so außerordentlich wichtig wurde.

4. Was das Konstruktionsprinzip des Taylor-Objektivs betrifft, so ist tatsächlich die Bedingung $\sum \frac{1}{r}$ außerordentlich nahe erfüllt. Selbst wenn dies ein Zufall sein sollte, so ist es gewiß der Erwähnung wert, daß hierdurch der Petzval-Bedingung annähernd genügt ist. Hr. Dr. H. Harting, der für das Taylor-Objektiv in erster Linie zuständig sein dürfte, urteilt in einer Besprechung meines Buches (*Photogr. Centralblatt* **8.** *S. 2. 1902*): „Ebenso ist es auch als sehr erfreulich zu begrüßen, daß der Verf. näher auf die Theorie der *Cooke lens* von H. Dennis Taylor eingeht."

5. Im § 234 habe ich die Ansichten Steinheils über Bildkrümmung und Verzeichnung bei Fernrohrobjektiven referierend wiedergegeben. Nach Ansicht des Ref. hätte ich hieran eine kritische Bemerkung knüpfen sollen über das Verhältnis dieser Ansichten zu den in andern großen optischen Werkstätten ausgeübten Methoden. Wie ich an einer späteren Stelle die Ansicht von Dr. Rudolph und E. v. Hoegh einfach referierend neben einander gestellt habe, so habe ich es auch hier getan. Bei dem heißen Konkurrenzkampf zwischen den verschiedenen optischen Produktionsstätten mußte mir ein derartiges kritisches Urteil notwendig die Feindschaft von einer Seite einbringen.

6. Die bemängelnde Notiz über die Korrektion der Okulare muß ich zurückweisen und alles aufrecht erhalten, was ich § 245 darüber gesagt habe. Der zweite Brennpunkt des Okulars, der als zusammenfallend mit dem Mittelpunkt der A.P. angenommen wird, ist ein orthoskopischer Punkt und muß als solcher aberrationsfrei sein (wobei natürlich die Strahlen die Rolle von Büschelachsen spielen). Eine andere Frage ist natürlich die, inwieweit eine Abweichung von dieser Bedingung sich in der Praxis bemerkbar macht.

7. Wie der Ref. zu der Behauptung kommt, daß ich bei den Entwicklungen des § 288 über die Helligkeitsabnahme nach dem Rande zu stillschweigend die Erfüllung der Sinusbedingung für die Pupillenmitten vorausgesetzt hätte, ist mir unverständlich; denn nicht ein Wort weist auf diese sinnlose Annahme hin. *A. Gleichen.*

Bemerkungen zu der vorstehenden Erwiderung.

Zu 1. Hr. Gleichen will nicht zugeben, daß die Hartingschen Tabellen nach der Formel

$$\sum \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^3 Q_{k,s}\, \Delta \left(\frac{1}{n s}\right)_k$$

berechnet *sind*, obwohl dies H. Harting selbst in seiner Abhandlung (*diese Zeitschr.* **18.** *S. 366. 1898*) angibt. Ich habe diese Formel als unrichtig bezeichnet; ihr Fehler besteht

darin, daß vorn die Dicken berücksichtigt und hinten vernachlässigt sind, ohne daß für eine solche differenzierte Behandlung ein Grund vorläge. Hr. Gl. sagt nun, sie diene ihm nur als Übergangsformel, dagegen bemerke ich, daß, wenn er den Übergang von der Formel 13) *S. 156* zu der Formel 16) *S. 157* seines Buches in Stufen vollziehen wollte, als solche vernünftigerweise nur die Formeln

$$\sum \left(\frac{h_k}{h_1}\right)^3 \frac{y_k}{y_1} Q_{k,x} Q_{k,s} \Delta \left(\frac{1}{ns}\right)_k = 0 \quad \text{und} \quad \sum Q_{k,x} Q_{k,s} \Delta \left(\frac{1}{ns}\right)_k = 0$$

in Betracht kommen konnten, da nur so die drei vereinfachenden Annahmen, die Hr. Gl. macht, der Reihe nach durch die Änderung der Formel ausgedrückt werden.

Der Beweis auf *S. 412* des Buches bleibt nach der in der Widerlegung versuchten Ausdeutung des Wortes parallel ebenso verfehlt wie vorher, da der wesentliche Umstand, daß die Komaabweichung des Vorderglieds durch die entgegengesetzt gleiche des Hinterglieds kompensiert wird, noch immer nicht für den Beweis herangezogen wird.

Zu 2. Der Ausdruck „sphärische Aberration außer der Achse" kann in weiterem und engerem Sinne gebraucht werden. Im ersten Fall umfaßt er die Gesamtheit der Abweichungen des außerachsialen Büschels für monochromatisches Licht, von der die Koma nur ein Teil ist. Soll aber der Ausdruck im engeren Sinne gebraucht werden, so ist es ebenso unbegründet ihn mit Koma wie z. B. mit Astigmatismus oder Verzeichnung zu identifizieren. Dieser Ausdruck ist vielmehr für eine Gruppe von Bildfehlern im außerachsialen Büschel, auf die ich demnächst an anderem Ort eingehen werde, zu reservieren, und zwar aus dem Grunde, weil die algebraischen Ausdrücke für diese Bildfehler mit dem Ausdruck für die sphärische Aberration *in* der Achse identisch werden, wenn man die Hauptstrahlneigung gleich Null setzt.

In § 156 und § 271 findet sich nur ein „Hinweis", aber keine genügende Auseinandersetzung über das gegensätzliche Verhalten von aplanatischen und orthoskopischen Punkten.

Was die Ausführungen betrifft, die Hr. Gl. in seinem Buche über den Petzvalschen Satz macht, so habe ich ihre Fehler und Widersprüche deutlich bezeichnet. Ich verwahre mich aber dagegen, daß er mir „die landläufige, seit Jahrzehnten herrschende Anschauungsweise" über diesen Satz zuschreibt. Woher kennt denn Hr. Gl. meine Ansicht über den Petzvalschen Satz? Aus meinem Referate kann er ja kaum entnehmen, welche Ansichten ich mißbillige, da ich nur gelegentlich ein Urteil über die Richtigkeit seiner Sätze ausgesprochen habe. Ich wollte vielmehr die Art, wie er seine Beweise führt und wie er seine Sätze anwendet, kritisieren und ich möchte ihm empfehlen, ehe er auf diesen Grundlagen weiter baut, sie zunächst auf ihre Tragfähigkeit zu untersuchen. Hr. Gl. verweist mich auf eine seiner Abhandlungen; auf diese einzugehen, habe ich um so weniger Veranlassung, als dort hinsichtlich der analytischen Entwicklungen auf sein Buch verwiesen wird.

Zu 3. Hr. Gl. sagt *S. 487* nicht etwa: Ich weise darauf hin, daß dies auch für Systeme mit endlichen Dicken noch Bedeutung hat, indem ... sondern: „*Dem entspricht die Tatsache*, daß fast alle modernen Objektive mit anastigmatischer Bildfeldebnung das hochbrechende Barytcrown oder ein ähnliches Glas enthalten".

Zu 4. Ich habe die Näherungsformel, die Hr. Gl. dem Optiker H. D. Taylor zuschieben will, als solche nicht angegriffen; ich will ihn aber jetzt auf das Buschsche Pantoskop aufmerksam machen, bei dem die Petzvalsche Bedingung sehr gut erfüllt ist, während sich nach der Näherungsformel der Krümmungsradius der Bildfläche gleich dem 1,6-fachen der Brennweite ergibt. Doch warum äußert sich Hr. Gl. nicht zur Sache selbst? Ich frage nochmals, worauf stützt er seine dem Wortlaut und Inhalt der Taylorschen Patentschriften widersprechende Behauptung, „daß Taylor unter „„Fokalkraft"" einer Linse mit den Radien r_1 und r_2 den Ausdruck

$$k_1 = \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}$$

versteht und sein Konstruktionsprinzip in der Gleichung

$$\Sigma k = 0$$

besteht“. Diese Frage scheint mir um so mehr berechtigt, als Hr. Gl. in seinem Buch kraft dieser Behauptung M. von Rohr zurechtweist.

Zu 5. Ich verkenne nicht, daß die Kritik der Güte der *Erzeugnisse* einer Fabrik eine heikle Sache ist; daß aber nun gar die Kritik der wissenschaftlichen Ansichten, die die Besitzer oder Beamten einer optischen Fabrik über die Abbildungsgesetze haben, zu einem gefährlichen Unternehmen gestempelt wird, scheint mir etwas übertrieben. Wenn jemand auf diese Kritik verzichten will, so muß er billigerweise zunächst darin konsequent sein, weiter aber auch die Kritik von nicht in optischen Betrieben tätigen Autoren unterlassen. Im übrigen durfte man doch wohl erwarten, daß Hr. Gl. in seinem *Lehrbuch* die Unvereinbarkeit seiner vorher entwickelten Ansichten mit den im § 234 behandelten konstatierte, als deren Autoren Steinheil und Voit angegeben sind.

Zu 6. Formel V) *S. 188* des Gleichenschen Buches drückt die allgemeine Bedingung für die Orthoskopie aus; im Anschluß daran zeigt Hr. Gl. dort, daß bei unendlich entferntem Objekt die objektseitigen Aberrationen ohne Einfluß sind. Da nun die Formel V) offenbar in Bezug auf Objekt und Bild umkehrbar ist, so ist damit auch die von mir bei der Kritik des § 245 aufgestellte Behauptung erwiesen.

Zu 7. Die Annahme, daß für die Pupillenmitten die Sinusbedingung erfüllt ist, macht Hr. Gl. auf *S. 401*, wo er die Lateralvergrößerung in den Pupillenmitten konstant gleich B setzt, während er doch im § 149 gezeigt hat, daß sie im allgemeinen mit dem Winkel u (ω auf *S. 401*) variiert. *A. König.*

H. H. Hildebrandsson u. L. Teisserenc de Bort, *Les bases de la météorologie dynamique. Historique; état de nos connaissances.* 4. u. 5. Lfg. gr. 8. S. 1—206 d. II. Bandes m. 24 zum Teil farb. Tafeln u. 31 Fig. Paris 1900/01. 4,80 M.

1. u. 2. Lfg. 184 S. m. 22 z. T. farb. Taf. u. 14 Fig. 1898/1900. 5,30 M. — 3. Lfg. (Ende des I. Bandes) in Vorbereitung.

T. Alexander u. A. W. Thomson, *Elementary applied mechanics.* roy. 8°. 596 S. m. Diagrammen. London 1902. Geb. in Leinw. 21,60 M.

J. H. Poynting u. J. J. Thomson, *Textbook of physics: Properties of matter.* roy. 8°. 236 S. m. Fig. London 1902. Geb. in Leinw. 17,00 M.

W. W. F. Pullen, *Mechanics, theoretical, applied and experimental.* 8°. 390 S. m. Fig. London 1902. Geb. in Leinw. 4,80 M.

R. Lüpke, Grundzüge d. Elektrochemie auf experimenteller Basis. 4., mit d. 3. gleichlaut. Aufl. gr. 8°. XII, 286 S. m. 77 Fig. u. 28 Tab. Berlin, J. Springer 1903. 5,00 M.; geb. in Leinw. 6,00 M.

R. Proell, Rechentafel „System Proell“. Neue Aufl. 2 Bl. Nebst Gebrauchsanweisg. 15 S. gr. 16°. Dresden 1903. Berlin, J. Springer in Komm. In Leinw.-Futteral 3,00 M.

C. Feldmann, Asynchrone Generatoren f. ein- u. mehrfache Wechselströme. Ihre Theorie u. Wirkungsweise. gr. 8°. VI, 134 S. m. 50 Abbildgn. Berlin, J. Springer 1903. 3,00 M.

A. Kundt, Vorlesgn. üb. Experimentalphysik. Hrsg. v. K. Scheel. gr. 8°. XXIV, 852 S. mit d. Bildnis Kundts, 534 Abbildgn. u. 1 farb. Spektraltaf. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 15,00 M.; geb. in Halbfrz. 17,50 M.

A. Righi u. B. Dessau, Die Telegraphie ohne Draht. gr. 8°. XI, 481 S. m. 258 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 12,00 M.; geb. in Leinw. 13,00 M.

J. A. Fleming, *Waves and Ripples in Water, Air and Ether.* 8°. 312 S. London 1902. Geb. in Leinw. 5,20 M.

G. M. Hopkins, *Experimental Science. Elementary, practical and experimental Physics.* 23. erweit. Ausgabe. roy. 8°. 1108 S. m. Fig. London 1902. Geb. in Leinw. 21,60 M.

S. A. Arrhenius, Lehrb. d. kosmischen Physik. 2 Tle. gr. 8. VIII, VIII, 1026 S. m. 304 Abbildgn. u. 3 Taf. Leipzig, S. Hirzel 1903. 38,00 M.; geb. 40,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **Mai 1903.** Fünftes Heft.

Über eine neue Art der Herstellung topographischer Karten und über einen hierfür bestimmten Stereo-Planigraphen.

Von

Dr. **C. Pulfrich** in Jena.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss.)

In meinem Aufsatz über den Stereo-Komparator habe ich bei Gelegenheit der Besprechung der älteren, die Anfänge des stereoskopischen Meßverfahrens darstellenden Versuche von Mach[1]) mehrere einfache Versuchsanordnungen angegeben, von denen eine sich von den übrigen dadurch wesentlich unterscheidet, daß die Ausmessung des virtuellen Raumbildes der Landschaft nicht durch ein von Stereoskopbildern erzeugtes virtuelles Raummaß geschieht, wie das bei den Versuchen von Mach und Stolze, bei dem Stereo-Telemeter und bei dem Stereo-Komparator der Fall ist, sondern durch ein unmittelbar vor dem Beobachter (in M in Fig. 1) aufgestelltes *reelles Raummaſs*, ein Drahtmodell o. dgl., in welches das virtuelle Raumbild der im Telestereoskop ($S_1\, s_1 — s_2\, S_2$) betrachteten Landschaft hinein projiziert wird.

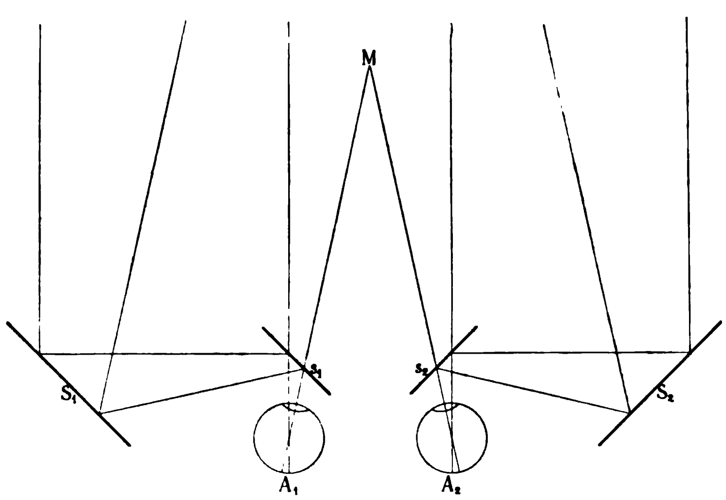


Fig. 1. Helmholtzsches Spiegelstereoskop mit durchsichtigen Glasplatten s_1 und s_2 und mit einem Meßkörper M am Orte des virtuellen Raumbildes der Landschaft.

Diese Anordnung hat neuerdings dadurch besondere Bedeutung erlangt, daß Hr. E. Deville, *Surveyor General* in Ottawa (Canada), nach einer mir von Hrn. Oberst Laussedat in Paris Ende November 1902 gemachten brieflichen Mitteilung eine derselben ähnliche Anordnung speziell für die Zwecke der Herstellung topographischer Karten nutzbar zu machen gesucht hat. Die in nachstehender Fig. 2 wiedergegebene Skizze ist die Reproduktion einer Figur, welche Hr. Oberst Laussedat in seinem im

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 73. 1902.* Es sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, daß auch in Helmholtz, Physiologische Optik, wie ich nachträglich bemerkt habe, einige einfache stereoskopische Versuche beschrieben sind, die ebenfalls als die ersten Ansätze für das stereoskopische Meßverfahren angesehen werden können.

Erscheinen begriffenen größeren Werk[1]) *„Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques“* in Kapitel IV, *„La stéréoscopie appliquée à la construction des plans“* nach einer ihm von Hrn. Deville eingesandten Zeichnung veröffentlicht und für die vorliegende Arbeit freundlichst zur Verfügung gestellt hat.

1. *Beschreibung der Devilleschen Anordnung* (Fig. 2). Auf einem größeren Zeichentisch ist befestigt ein aus den Teilen A und B zusammengesetztes Wheatstonesches Spiegel-Stereoskop und lose auf den Tisch gestellt und zum Verrücken auf demselben eingerichtet ein Stativ C. Das Stativ ist mit einem Höhenmaßstab M, an dem sich der die eigentliche Meßmarke tragende Schirm L auf- und abwärts verschieben und festklemmen läßt, und mit einem genau senkrecht unter der Meßmarke angebrachten Zeichenstift N versehen. Die Marke selbst wird gebildet durch eine in der Mitte

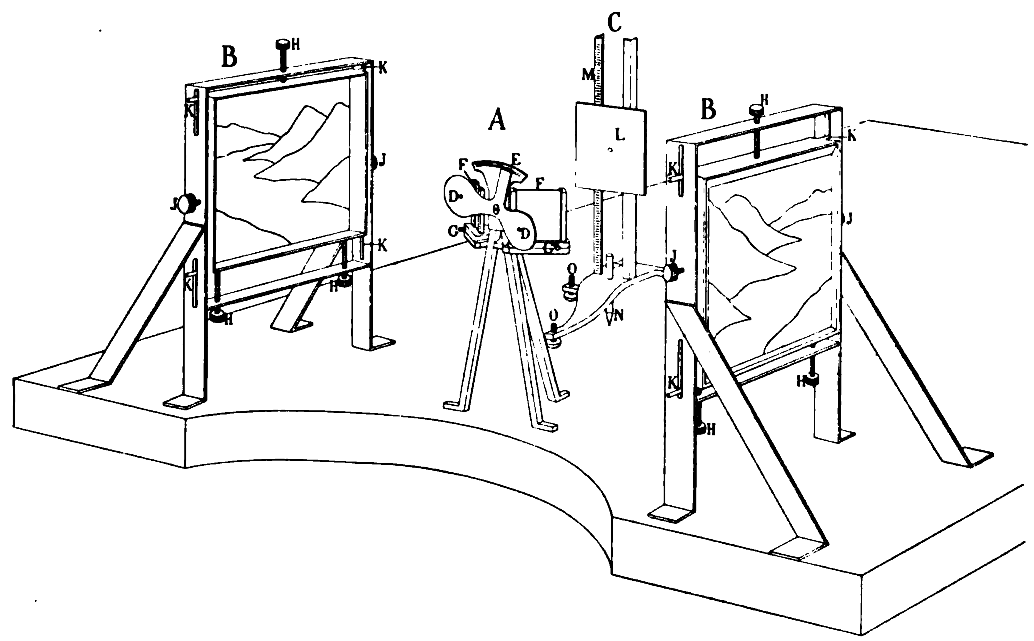


Fig. 2. Devilles stereoskopischer Apparat für die Konstruktion topographischer Pläne.

des schwarzen Schirmes gelegene, von hinten beleuchtete punktförmige Öffnung. Für den in das Stereoskop schauenden Beobachter ist nur dieser helle Punkt sichtbar, was dadurch erreicht ist, daß die beiden Glasplatten FF auf ihrer Vorderseite mit einer schwach durchscheinenden Silberschicht versehen sind. Die Silberschicht dient außerdem dazu, das Stereoskopbild der Landschaft besser sichtbar zu machen, als durch einfache Glasreflexion möglich ist, und ferner zur Beseitigung des Reflexes an der hinteren Glasfläche. Die richtige Justierung der beiden Bilder und der Platten FF vorausgesetzt, erhält der durch die (auf den Augenabstand des Beobachters eingestellten) Diopter DD schauende Beobachter ein Stereoskopbild der Landschaft und in bezw. über diesem gelegen die punktförmige Öffnung des Schirmes L. Durch Verrückung des Statives C auf dem Tisch und durch Vertikalverschiebung des Schirmes L an dem Höhenmaßstab M ist man dann imstande, *die helle Marke nach Belieben mit dem einen oder mit dem anderen Punkte des virtuellen Raumbildes der Landschaft zusammenfallen zu lassen.*

[1]) Aus den *Ann. du Conservatoire des arts et métiers*, Paris. — Vgl. auch den von Hrn. Oberst Laussedat am 5. Januar d. J. vor der *Académie des Sciences* gehaltenen Vortrag *„De l'emploi du stéréoscope en topographie et en astronomie“*. *Compt. rend.* **136.** *S.* 22. 1903.

Unter den im folgenden näher bezeichneten Versuchsbedingungen ist das im Apparat erhaltene Stereoskopbild der Landschaft als ein nach den drei Dimensionen des Raumes — Entfernung, Breite und Höhe — gleichmäßig verkleinertes *Modell* der Landschaft anzusehen, und der *Maſsstab der Verkleinerung* ist gegeben durch das Verhältnis: *Augenabstand des Beobachters dividiert durch die bei der Aufnahme der Bilder benutzte Standlinie*. Demzufolge ist auch die am Maßstab M abgelesene Höheneinstellung der Marke gleichwertig einer numerisch genau bestimmbaren Höhe in der Landschaft.

Das Verfahren zum *Aufzeichnen der Höhenkurven* ist nun derart, daß man den Schirm L auf eine bestimmte Höhe einstellt, dann durch Verschieben des Stativs C auf dem Zeichentisch alle diejenigen Punkte der Landschaft aufsucht, mit denen die helle Marke an der gleichen Stelle des Raumes gesehen wird, und den Fußpunkt einer jeden solchen Stelle des virtuellen Raumbildes auf den Tisch aufzeichnet. In der Verbindungslinie der einzelnen Fußpunkte erhält man dann ohne weiteres die der gewählten Höheneinstellung der Marke entsprechende Höhenkurve und durch Wiederholung dieses Verfahrens für eine Reihe von Höheneinstellungen der Isohypsenmarke mit bestimmtem Höhenunterschied einen regelrechten, in dem angegebenen Verhältnis verkleinerten *Plan der Landschaft*.

2. *Wertschätzung des Devilleschen Vorschlages*. Der vorstehend skizzierte, ausschließlich der Fig. 2 entnommene Gedankengang des Hrn. Deville[1]), die im virtuellen Raumbild der Landschaft angebrachte reelle Marke in konstantem Abstand über dem Zeichentisch herumzuführen und auf ihm die Höhenkurven aufzuzeichnen, erscheint mir nach meinen bisherigen Studien über die Verwendung der Stereoskopie für die Zwecke der Topographie als ein *überaus glücklicher*. Meines Erachtens wird das Verfahren gewiß niemals einen Ersatz bieten für genaue Triangulierungen mit Hülfe des Winkelmeßinstrumentes, und ich glaube auch, daß seine Ergebnisse an Genauigkeit der Messung und an Ausbeute des telestereoskopischen Landschaftsbildes hinter den Resultaten zurückbleiben werden, welche man auf Grund stereophotogrammetrischer Messungen mit Hülfe des Stereo-Komparators[2]) zu erreichen imstande ist, aber ich bin fest überzeugt, daß nach Beseitigung der dem Verfahren anhaftenden Mängel überall da, wo es auf die *schnelle Beschaffung eines erstmaligen Planes unbekannter Gegenden* ankommt, und da, wo es sich um die Vervollständigung eines durch trigonometrische Messungen festgelegten Dreiecksnetzes handelt, das Verfahren wertvolle Dienste leisten und sich jedenfalls viele Freunde erwerben wird. Mein an früherer Stelle (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 179. 1902*) gemachter Vorschlag, zum Zwecke der Herstellung telestereoskopischer Aufnahmen von Küsten, Inselgruppen u. s. w. und zum Zwecke ihrer Vermessung mit Hülfe des Stereo-Komparators, Vermessungsfahrzeuge und Expeditionsschiffe dauernd mit geeigneten und an den Enden des Schiffes aufgestellten photographischen Apparaten auszurüsten, verdient unter dem Gesichtspunkt

[1]) Das Manuskript dieses Aufsatzes war bereits abgeschlossen, als ich (am 10. März) durch Hrn. Deville seine eigene in den „*Transactions of the Royal Society of Canada*", *1902/03. S. 63 bis 69* bewirkte Veröffentlichung seines Apparates „*On the Use of Wheatstone Stereoscope in Photographing Surveying*" zugeschickt erhielt. Inhaltlich bietet der Aufsatz keine Veranlassung zu einer Änderung oder Ergänzung meiner obigen Ausführungen. Über die praktische Bedeutung seiner Methode äußert sich Hr. Deville sehr zurückhaltend. Der letzte Satz seines Aufsatzes lautet: „*It may be that unforeseen difficulties will be met with in practice; untill the instrument has received the test of practical experience, it would be idle to speculate upon its value*".

[2]) Vgl. meinen in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 43. 1903* veröffentlichten Aufsatz „Über die Konstruktion von Höhenkurven und Plänen auf Grund stereophotogrammetrischer Messungen mit Hülfe des Stereo-Komparators."

der vorliegenden neuen Methode in erhöhtem Maße Beachtung. Wie ich im folgenden dartun werde, wird die Methode aber auch noch für mancherlei andere Zwecke von Vorteil sein.

Dagegen kann ich mich mit der Art, wie Hr. Deville seine Idee zu verwirklichen gesucht hat, nicht einverstanden erklären. Die hier näher zu besprechenden Nachteile seines Apparates sind derart, daß meiner Ansicht nach mit ihm eine befriedigende Lösung der in Frage stehenden Aufgabe überhaupt nicht bewerkstelligt werden kann. Ich werde diese Einwände im folgenden näher erörtern und zugleich die Gesichtspunkte klarzustellen suchen, welche für die definitive Konstruktion des Apparates in Frage kommen.

Der Haupteinwand richtet sich gegen die Anordnung des Spiegelstereoskopes und, da der Devillesche Apparat keinerlei instrumentellen Fortschritt gegen das Wheatstonesche Spiegelstereoskop bedeutet, gegen dieses selbst und außerdem gegen die meisten der bisher zur Betrachtung von größeren Stereoskopbildern eingerichteten Helmholtzschen Spiegelstereoskope. Zur Erläuterung und Begründung dieses Einwandes muß ich etwas ausführlicher auf die durch Helmholtz zuerst näher erörterte Beziehung zwischen der Konvergenzstellung der Augenachsen und der Akkommodation der Augenlinsen eingehen.

3. *Akkommodation und Konvergenz.* Den Inhalt dieser Beziehungen können wir kurz dahin präzisieren, daß für jeden normalsichtigen Beobachter im freien Sehen erfahrungsmäßig mit der Änderung der Konvergenzstellung der Augenachsen von selbst eine Änderung der Akkommodation der Augenlinsen vor sich geht, derart, daß das auf dem Durchschnittspunkt der Augenachsen befindliche Objekt im Maximum der Bildschärfe gesehen wird. Aber diese Verbindung zwischen Konvergenzstellung der Augenachsen und Akkommodation der Augenlinsen ist keine absolut starre, sonst würde man bei der Betrachtung von Stereoskopbildern in einem gewöhnlichen Stereoskop oder bei der Betrachtung der stereoskopischen Meß-Skale im Stereo-Telemeter, da sich die Stereoskopbilder bezw. die Marken im Telemeter für die verschiedenen Entfernungen in gleichem Abstande vom Auge befinden, auf jede Vollkommenheit des stereoskopischen Effektes von vornherein verzichten müssen. Die bei diesem Instrument vorkommenden Änderungen des Konvergenzwinkels der Augenachsen sind allerdings wesentlich kleiner als im freien Sehen. Beispielsweise betragen die Konvergenzänderungen beim Einblick in das Stereo-Telemeter 8-fach für den Umfang der Meß-Skale von 90 *m* bis ∞ noch nicht ganz 3^0, gegenüber einem Unterschied des Konvergenzwinkels der Augenachsen beim Lesen eines Buches und beim Blick in die Ferne im Betrage von nahezu 20^0. Im Stereo-Telemeter — und dasselbe gilt mehr oder weniger für jeden anderen Stereoskop-Apparat — sind daher auch die auf Grund der obigen Beziehung zu erwartenden Akkommodationsänderungen außerordentlich geringfügiger Natur und ohne praktische Bedeutung.

Wir gelangen zu dieser Schlußfolgerung auch durch folgende Überlegung. In dem oben erwähnten Stereo-Telemeter ist der der Betrachtung der 90 *m*-Marke entsprechende Konvergenzwinkel der Augenachsen übereinstimmend mit dem Konvergenzwinkel der Augenachsen beim direkten Anblick eines etwa 1,4 *m* entfernten Gegenstandes, wobei vorausgesetzt ist, daß die Unendlichkeitsmarke im Telemeter geradeso wie ein unendlich fernes Objekt im freien Sehen mit parallel gerichteten Augen angeschaut wird. Nun zeigt aber sofort der Versuch, daß ein in 1,4 *m* Entfernung befindliches Objekt, wenn man mit einem Auge dicht an demselben vorbei nach einem weit entfernten Objekt schaut, mit diesem in fast vollkommen der gleichen Deutlich-

keit gesehen wird. Aus diesem relativ kleinen Unterschied der Akkommodation erklärt es sich daher auch, daß ein Beobachter, welcher die Akkommodationsfähigkeit seiner Augenlinsen mehr oder weniger verloren hat, immer noch imstande ist, die stereoskopische Meß-Skale in allen ihren Teilen in gleicher Vollkommenheit der Raumvorstellung und Bildschärfe zu erfassen.

Ganz anders aber liegen die Verhältnisse, sobald es sich um die im freien Sehen vorkommenden großen Änderungen des Konvergenzwinkels und die damit Hand in Hand gehenden Änderungen der Akkommodation handelt. Allerdings kommen auch hier in vereinzelten Fällen die weitestgehenden Abweichungen vor. So werden viele Personen, besonders jüngere, imstande sein, Stereoskopbilder, die in einem Abstand von etwa 30 *cm* vor das Auge gehalten werden, ohne Zuhülfenahme eines Stereoskopes mit parallel gerichteten Augenachsen, wenn auch mit einigem Zwange, richtig stereoskopisch zu betrachten, und wiederum andere, besonders ältere Personen, bei denen diese Fähigkeit dadurch, daß sie weitsichtig geworden sind, mehr oder weniger verloren gegangen ist, ihrerseits bei einiger Anleitung und Übung es dahin bringen, Stereoskopbilder — letztere, rechts und links vertauscht, horizontal neben einander an der Wand befestigt und aus einem Abstand von etwa 1 *m* betrachtet — mit stark konvergent (über Kreuz) gestellten Augenachsen, *ohne Akkommodation* auf den Konvergenzpunkt, stereoskopisch zur Deckung zu bringen. Normalsichtige Beobachter können es in diesem Punkte bei einiger Schulung sogar zu einer Virtuosität bringen, welche sie befähigt, Stereoskopbilder nach Belieben mit parallel oder mit gekreuzt gerichteten Augenachsen bei gleichbleibender Deutlichkeit des stereoskopischen bezw. des pseudostereoskopischen Effektes zu betrachten.

Derartig weitgehende Abweichungen von dem in Frage stehenden Zusammenhang zwischen Konvergenz und Akkommodation werden aber stets die Ausnahme bleiben, wie schon daraus hervorgeht, daß jeder Beobachter, der solche Beobachtungen, wie die vorgenannten, mit Erfolg anstellt, sich der Augenanstrengung hierbei vollauf bewußt ist.

Aus den vorstehenden Erörterungen ist nun sofort zu sehen, daß in allen Fällen, wo die beiden Stereoskopbilder mit parallel gerichteten Augenachsen betrachtet werden, bezw., wie es bei der vorliegenden Aufgabe der Fall ist, betrachtet werden *müssen* (siehe unter 4.), im Interesse der Vermeidung ungewohnter Augenanstrengungen dafür gesorgt werden muß, daß entweder die beiden Platten in einen Abstand von mehr als 1 *m* vom Auge gebracht werden, in welchem Falle die Aufnahmen statt durch ein photographisches Objektiv von langer Brennweite auch durch eine Lochkamera bewerkstelligt werden können, oder aber, was mir allein diskutabel erscheint, daß die Betrachtung der durch ein Objektiv von mäßiger Brennweite aufgenommenen Platten durch *Linsen* vorgenommen wird, *in deren Bildfeldebenen die Platten aufgestellt sind.*

Bei dem dem Stereo-Komparator beigegebenen Spiegelstereoskop (s. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 79. 1902*) hatte ich anfänglich diese Linsen nicht vorgesehen, da man durch Zusammenrücken der Platten sehr wohl den Augenachsen einen für die Betrachtung der Stereoskopbilder geeigneten Konvergenzwinkel erteilen kann, aber ich habe inzwischen auch in dieses Spiegelstereoskop Linsen, deren Brennweite dem gegebenen Bildabstand gleich bemessen ist, eingesetzt, sodaß jetzt die Platten auf demjenigen gegenseitigen Abstand, den sie bei der Betrachtung durch das binokulare Mikroskop besitzen, stehen bleiben können. Wird dann das binokulare Mikroskop durch das Spiegelstereoskop ersetzt, so ist jeder Beobachter, der, ob weit- oder kurzsichtig, mit

oder ohne Brille imstande ist, deutlich in die Ferne zu sehen, auch sofort befähigt, das Stereoskopbild der beiden Platten ohne irgend welche Anstrengung zu betrachten.

4. *Bedingungen für die Modellähnlichkeit des virtuellen Raumbildes und für die Horizontierung desselben.* Für die von uns verfolgte Aufgabe ist das Anschauen der beiden Bilder — genauer der beiden die Unendlichkeitsmarke bildenden Kreuzfäden — mit parallel gerichteten Augenachsen nicht allein wünschenswert, sondern geradezu unerläßlich. Das erhaltene Raumbild ist nämlich als ein in allen seinen Dimensionen gleichmäßig verkleinertes *Modell* nur dann anzusehen, wenn im Stereoskopbild die Richtung, in der das auf jeder der beiden Platten befindliche Strichkreuz gesehen wird, genau übereinstimmt mit der Richtung der optischen Achsen der photographischen Apparate bei der Aufnahme.

Für die Aufnahme der beiden Platten hatten wir schon früher[1]) aus den dort angegebenen Gründen gefordert, daß wir uns für stereophotogrammetrische Zwecke ausschließlich auf solche Aufnahmen beschränken, bei denen die beiden Platten in *einer* Ebene liegen, die optischen Achsen also unter sich parallel und senkrecht zur Standlinie gerichtet sind. Unter dieser Voraussetzung könnnen wir das auf jeder der beiden Platten befindliche Strichkreuz ansehen als das Bild eines in der Richtung der Plattennormale gelegenen, unendlich fernen Objektes, und wir müssen daher auch bei der Betrachtung des Stereoskopbildes, um dessen Modellähnlichkeit zu wahren, dafür Sorge tragen, daß das Strichkreuz ebenfalls mit geradeaus und parallel gerichteten Augenachsen angeschaut werde.

Wir wollen uns die hierbei vorkommenden Verhältnisse mit Hülfe der Fig. 3 zu veranschaulichen suchen. *a c* bezeichne die Standlinie bei der Aufnahme, *a b* die dem Augenabstand des Beobachters entsprechende kleinere Standlinie. Die der Standlinie *a c* gegenüber befindliche Landschaft versinnbildlichen wir durch die Ebenen gleicher scheinbarer Entfernungen *I* bis *VII*. Es ist dann sofort zu sehen, daß die in *a* und *c* bewirkten Aufnahmen der Ebenen *I* bis *VII* in jeder Hinsicht genau so ausfallen, wie wenn die Aufnahmen eines in dem Verhältnis *a b*/*a c* nach allen drei Dimensionen des Raumes gleichmäßig verkleinerten und dem Standpunkt in *a* näher gerückten Modelles der Landschaft — in der Figur versinnbildlicht durch die Ebenen 1 bis 7 — mit der Standlinie *a b* erfolgt wären. Daher sind auch die geometrischen Bedingungen für die stereoskopische Betrachtung des mit der großen Standlinie *a c* aufgenommenen Plattenpaares in allem genau so, wie wenn der Beobachter mit dem natürlichen Augenabstand *a b* das im Verhältnis *a b*/*a c* verkleinerte Modell, und in allem genau so, wie wenn ein Riese mit dem Augenabstand gleich der Standlinie *a c* die Landschaft selbst im freien Sehen anschauen würde.

Mit der Erfüllung der vorbezeichneten Bedingung ist nur die Modellähnlichkeit des Raumbildes gewährleistet. Für die Lösung unserer Aufgabe ist aber noch die weitere Bedingung zu erfüllen, daß das Raumbild die gleiche — *natürliche* — Orientierung zum Fußboden erhält, in der sich die Landschaft selbst zur Horizontalebene befindet.

Um auch dieser Bedingung gerecht zu werden, ist nur erforderlich, den Elevationswinkel *i*, welehen die optische Achse mit der Horizontalebene macht, bei dem Stereoskop-Apparat nach Größe und Vorzeichen vollkommen in Übereinstimmung zu bringen mit dem Elevationswinkel der optischen Achsen bei der Aufnahme. Dieser

---

[1]) Vgl. meine diesbezüglichen Angaben in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 192. 1902* und **23.** *S. 43. 1903.*

Winkel braucht keineswegs gleich Null zu sein. Beim Stereo-Komparator sind hierfür besondere Gründe maßgebend gewesen. Aber hier sind bis auf eine geringfügige Verminderung der Genauigkeit der Messung bei gleicher Standlinie die Aufnahmen mit geneigten Achsen gleichwertig den Aufnahmen mit horizontalen Achsen. Wegen der Ermittelung der Standlinie B' für Aufnahmen mit geneigten Achsen siehe *diese Zeitschr. 22. S. 186. 1902.*

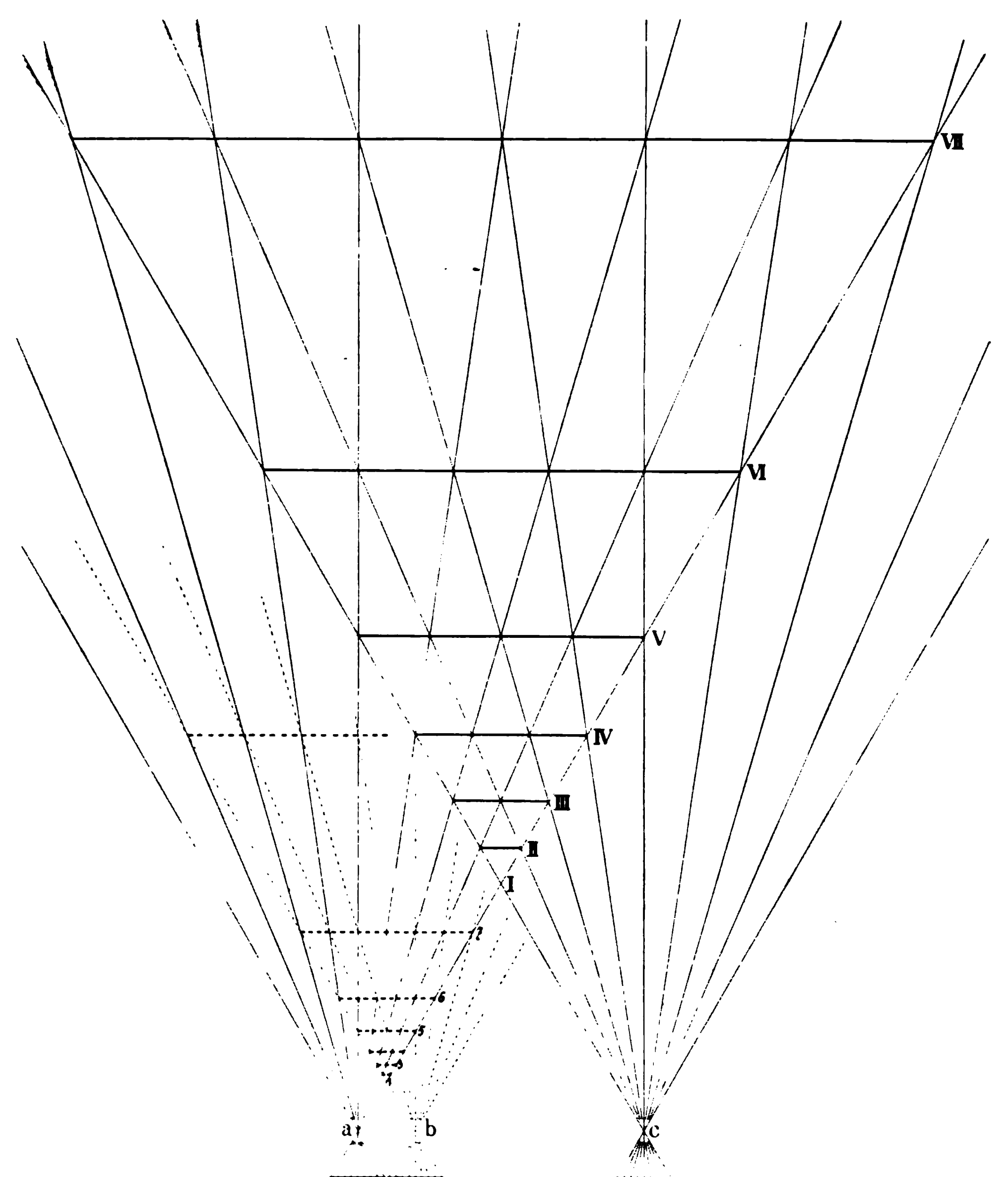


Fig. 3. Modellähnlichkeit des telestereoskopischen virtuellen Raumbildes zur Landschaft.

Hieraus ergibt sich für unseren Stereo-Planigraphen die Nutzanwendung, daß wir nach dem vorliegenden Verfahren, unter Berücksichtigung der beiden angegebenen Bedingungen sehr wohl imstande sein werden, *Höhenkurven hoch oben im Gebirge vom Tal aus und umgekehrt* zu konstruieren.

5. *Beschaffenheit des virtuellen Raumbildes bei Doppelfernrohren.* Im Zusammenhang mit dem Vorstehenden möchte ich, des allgemeinen Interesses halber und auch des-

halb, weil ich weiter unten von diesen Überlegungen Gebrauch machen muß, noch kurz diejenigen geometrischen Beziehungen des virtuellen Raumbildes zur Landschaft besprechen, welche für *Doppelfernrohre* gültig sind. Es handelt sich hierbei zunächst nur um den Einfluß der Fernrohr- bezw. der Bildfeldvergrößerung.

Die Art dieses Einflusses können wir uns durch eine einfache Konstruktion klar machen. Wir denken uns in der obigen Fig. 3 die Objektebenen *I*, *II* . . . . von den beiden Standpunkten *a* und *c* aufgenommen, die so erhaltenen Bilder auf irgend eine Weise zweimal vergrößert, etwa dadurch, daß wir die beiden Aufnahmen mit Objektiven von einer doppelt so langen Brennweite, als in Fig. 3 angegeben, bewirken, und fragen uns jetzt nach der Lage und der Ausdehnung derjenigen Objekte, welche unter Beibehaltung der ursprünglichen, halb so großen, Objektivbrennweite auf den

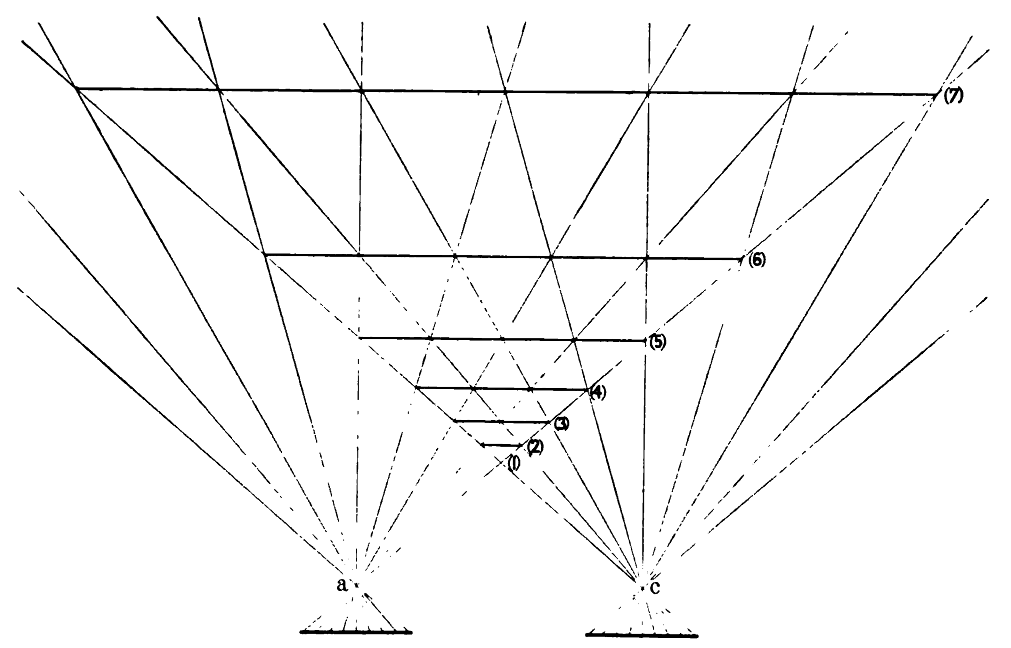


Fig. 4. Das dem virtuellen Raumbilde gleichwertige Modell bei Betrachtung des linear zweimal vergrößerten Bildfeldes.

Platten genau die gleichen Bilder zustande bringen. Die Antwort auf diese Frage ersehen wir aus der in Fig. 4 angegebenen Konstruktion. Sie liefert uns, wie leicht ersichtlich, die neuen Objektebenen (1), (2), . . . und damit *dasjenige Modell, welches, im freien Sehen betrachtet, geometrisch gleichwertig ist dem virtuellen Raumbild* der mit zweimaliger Bildfeldvergrößerung betrachteten Landschaft. Wie man sofort sieht, sind die einzelnen Objektebenen des Modells, verglichen mit denen der Landschaft, dem Beobachter *zweimal näher gerückt, aber in ihrer Frontausdehnung unverändert.*

Ganz allgemein ergibt sich, daß die einzelnen Teile der Landschaft durch eine Vergrößerung des Bildwinkels entsprechend der Vergrößerungsziffer näher an den Beobachter heran- und zusammengerückt, durch eine Verkleinerung des Bildwinkels entsprechend der Verkleinerungsziffer vom Beobachter fortgerückt und auseinander gezogen werden, daß aber in allen Fällen die Frontausdehnung der Objekte keine Änderung erleidet.

Der Unterschied zwischen Basisvergrößerung und Fernrohrvergrößerung besteht also darin, daß im ersten Falle die Objekte in verkleinerter, im zweiten Falle in unveränderter Frontausdehnung näher an den Beobachter heran- und zusammengerückt

werden. Hieraus resultiert für das durch Basisvergrößerung erzielte virtuelle Raumbild, wie wir oben gesehen haben, ein verkleinertes, aber der Landschaft vollkommen ähnliches Modell, während in dem durch Fernrohrvergrößerung erzielten virtuellen Raumbilde die Objekte der Landschaft wie Kulissen auf dem Theater zusammengeschoben erscheinen.

In Bezug auf die Steigerung des plastischen Sehens sind Basisvergrößerung und Fernrohrvergrößerung vollkommen gleichwertig, sofern wir unter plastischem Sehen die Fähigkeit des Beobachters verstehen, Tiefenunterschiede als solche im stereoskopischen Sehen zu erkennen. In beiden Fällen vollzieht sich die Steigerung des plastischen Sehens genau nach Maßgabe der Vergrößerungsziffer. Denn der n-maligen Kompression des Objektes steht ein, wegen der n-mal kleineren Entfernung, n^2-mal gesteigertes Tiefenunterscheidungsvermögen gegenüber. Natürlich ist die so erzielte Plastik immer nur erst der n-te Teil der im freien Anblick des Objektes in $1/n$ der Entfernung gewonnenen Plastik. Bei Basisverkleinerung und Fernrohrverkleinerung liegen die Verhältnisse ganz analog.

Die Ergebnisse dieser Überlegungen sind in der nachstehenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt. Wie man aus den Kolumnen E, F, G und H ersieht, bleiben die durch A, B, C und D charakterisierten spezifischen Wirkungen der Basisänderung und der Bildwinkeländerung auch dann erhalten, wenn die beiden Änderungen gleichzeitig vorgenommen werden. Eine vollkommene Modellähnlichkeit ist bei keiner der angegebenen Fälle E bis H vorhanden; in allen Fällen wird das durch die Basisänderung erzeugte *modellähnliche Raumbild* durch die Änderung der Bildgröße nach der Tiefe *deformiert.*

Ich beschränke mich auf diese Zusammenstellung, obschon ihr Inhalt zu mancherlei Erörterungen anregt, und behalte mir vor, bei anderer Gelegenheit hierauf zurückzukommen. Nur dem unter E angeführten Spezialfall $n = m$ möchte ich noch einige Worte widmen, da dieser Spezialfall insofern eine Bedeutung erlangt hat, als Helmholtz an ihn die Bemerkung geknüpft hat, daß ein durch ein solches Doppelfernrohr ($n = m$) betrachtetes Objekt der Landschaft so aussieht wie das Objekt selbst im freien Sehen in $1/n$ der Entfernung. Nach den vorstehenden Überlegungen ist aber dieser Vergleich nicht zutreffend oder, genauer ausgedrückt, nur insoweit zutreffend, als es sich um ein Objekt von verschwindender Tiefenausdehnung, z. B. um die Front eines Hauses, handelt. Ich hebe dies hier ausdrücklich hervor, um zu zeigen, daß die angegebene Bemerkung gar nicht die Bedeutung besitzt, welche ihr vielfach von anderer Seite[1]) beigelegt worden ist, denn es wird durch sie weder eine Modellähnlichkeit des virtuellen Raumbildes erzielt, noch die von der Fernrohrvergrößerung herrührende Kulissenwirkung aufgehoben.

6. *Aufhebung der durch das Objektiv bewirkten Verzeichnung.* Das mit einer Lochkamera von großem Plattenabstand erhaltene Landschaftsbild hat den Vorteil vor dem durch ein Objektiv erhaltenen, daß die bei jedem photographischen Objektiv mehr oder weniger vorhandene Verzeichnung des Bildes vollständig wegfällt. Aber diese Verzeichnung hat für die Lösung unserer Aufgabe keinerlei Nachteil, sofern wir darauf achten, daß zur Aufnahme der Platten und zur Betrachtung derselben im Spiegelstereoskop *Objektive von genau gleicher Konstruktion, gleicher Brennweite und gleicher Blendenöffnung* benutzt werden. Denn da die von den einzelnen Bildpunkten der photo-

[1]) Mit besonderem Nachdruck von Hrn. Prof. P. Grützner in Tübingen: Einige Versuche über stereoskopisches Sehen, *Archiv f. d. ges. Physiologie* **90.** *S. 578. 1902.*

Tabelle.

Der *Bildwinkel* sei:	Der *natürliche Augenabstand* sei:	*Instrumente*, welche dieser Bedingung genügen:	Durch diese Instrumente betrachtet, bieten sich die Objekte der Landschaft unter den gleichen geometrischen Bedingungen dar, wie im freien Sehen ein der Landschaft nachgebildetes Modell, welches man erhält, wenn man	
unter m und n Zahlen > 1 verstanden.			die wahren Entfernungen E der Objekte ersetzt durch:	und die wahren Dimensionen $(1 \times 1 \times 1)$ der Objekte *Tiefe* × *Breite* × *Höhe* ersetzt durch:
A. m-mal vergrößert	unverändert	Ein gewöhnlicher Feldstecher, dessen Objektivabstand gleich ist dem Okularabstand. Durchblick von der Okularseite.	$\frac{1}{m} \cdot E$ Die Objekte werden in unveränderter Front dem Beobachter m-mal näher gerückt und dementsprechend in ihrer Tiefe m-mal zusammengeschoben (Kulissenwirkung).	$\frac{1}{m} \times 1 \times 1$
B. m-mal verkleinert	unverändert	Wie bei **A.** Durchblick von der Objektivseite.	$m \cdot E$ Die Objekte werden in unveränderter Front m-mal vom Beobachter fortgerückt und dementsprechend in ihrer Tiefe m-mal ausgezogen.	$m \times 1 \times 1$
C. unverändert	n-mal vergrößert	Helmholtzsches Tele-Spiegelstereoskop (ohne Fernrohre); Stereo-Planigraph; Augen eines Riesen.	$\frac{1}{n} \cdot E$ Die Objekte werden in n-maliger Verkleinerung dem Beobachter n-mal näher gerückt.	$\frac{1}{n} \times \frac{1}{n} \times \frac{1}{n}$
D. unverändert	n-mal verkleinert	Augen eines Kindes; Doppelfernrohr (Vergr. 1) mit verkleinertem Objektivabstand (Brachy-Stereoskop).	$n \cdot E$ Die Objekte werden in n-maliger Vergrößerung vom Beobachter n-mal fortgerückt.	$n \times n \times n$
E. m-mal vergrößert	n-mal vergrößert	$n > m$, Zeisssches (2 Meter langes) Aussichtsfernrohr $(m = 10)$; $n = m$, Helmholtzsches Telestereoskop; stereoskopischer Entfernungsmesser; angenähert auch die Zeissschen Relieffernrohre. $n < m$, Zeiss-Feldstecher. $n = 1$, vgl. unter **A.**	$\frac{1}{m} \cdot \frac{1}{n} \cdot E$ Die Objekte werden in n-mal verkleinerter Front dem Beobachter $m \cdot n$-mal genähert und dementsprechend in der Tiefe $m \cdot n$-mal zusammengeschoben (Kulissenwirkung). $m \cdot n$ = sogen. totale Plastik.	$\frac{1}{m} \cdot \frac{1}{n} \times \frac{1}{n} \times \frac{1}{n}$
F. m-mal vergrößert	n-mal verkleinert	Doppelfernrohr mit verkleinertem Objektivabstand (früheres Zeisssches Theaterglas).	$\frac{1}{m} \cdot n \cdot E$ Für $m = n$: In der Front n-mal vergrößerte, sonst unveränderte Landschaft (Kulissenwirkung).	$\frac{1}{m} \cdot n \times n \times n$
G. m-mal verkleinert	n-mal vergrößert	Einblick eines Kindes in ein solches Theaterglas von der Objektivseite.	$m \cdot \frac{1}{n} \cdot E$ Für $m = n$: In der Front n-mal verkleinerte, sonst unveränderte Landschaft.	$m \frac{1}{n} \times \frac{1}{n} \times \frac{1}{n}$
H. m-mal verkleinert	n-mal verkleinert	Einblick eines Riesen in einen Prismenfeldstecher mit erweitertem Objektivabstand von der Objektivseite.	$m \cdot n \cdot E$ Die Objekte werden in n-mal vergrößerter Front vom Beobachter $m \cdot n$-mal fortgerückt und dementsprechend in der Tiefe $m \cdot n$-mal ausgezogen.	$m \cdot n \times n \times n$

graphischen Platte ausgehenden Lichtstrahlen das Objektiv in umgekehrter Reihenfolge wie bei der Aufnahme durchsetzen, so gelangen dieselben im Stereoskop genau unter denselben Winkelabständen von der optischen Achse in das Auge des Beobachters, wie wenn sie von den Objekten selbst in der Landschaft unmittelbar in das am Orte der Aufnahme befindliche freie Auge des Beobachters einträten[1]).

Eine weitere Voraussetzung hierfür ist die, daß die Blendenöffnung, durch welche die Betrachtung des Bildes im Stereoskopapparat vorgenommen wird, die gleiche Lage zum photographischen Objektiv wie bei der Aufnahme erhält. Damit ferner diese Blende und nicht die Pupille des menschlichen Auges auf den Strahlengang abblendend wirkt, muß die Blende im Stereoskop und daher auch bei der Aufnahme kleiner sein als die Pupille des Auges. Mit einer Öffnung von 2 bis $2^1/_2$ *mm* bei einer Brennweite des Objektivs gleich 170 *mm* dürfte dieser und allen anderen Anforderungen Genüge getan sein.

7. *Verwendung der Negative.* Für die durch den umgekehrten Strahlengang bewirkte Aufhebung der Verzeichnung des photographischen Bildes kommt es besonders auch darauf an, daß die Platten im Stereoskop genau die gleiche Lage zum Objektiv einnehmen, die sie bei der Aufnahme in der Kamera dem photographischen Objektiv gegenüber gehabt haben. Aus dem Grunde ist es vorteilhaft, die Negative selbst mit ihrer Schichtseite dem Objektiv zugewandt zu verwenden.

Die Anwendung der Negative schließt für die vorliegende Aufgabe keinerlei Nachteile in sich. So fremdartig auch das einzelne Negativ dem Beobachter erscheinen mag, im Stereoskop wird man davon kaum etwas gewahr, denn die Aufrollung der einzelnen Objekte in der Landschaft nach der Tiefe vollzieht sich bei der stereoskopischen Betrachtung der Negative genau in der gleichen Weise, wie bei den für gewöhnlich bei Stereoskopbildern benutzten Diapositiven. Man vergißt tatsächlich nach kurzer Zeit, daß man überhaupt Negative vor sich hat.

Die Rücksichtnahme auf die Aufhebung der Verzeichnung ist nicht der einzige Grund, weshalb ich im vorliegenden Falle den Negativen den Vorzug vor den Diapositiven gebe. Denn das Gleiche werden wir auch erzielen, wenn wir die durch Kontaktdruck hergestellten Diapositive mit ihrer Schichtseite dem Objektiv zugewandt in das Stereoskop einführen. Aber beim Wheatstoneschen Spiegelstereoskop haben wir außerdem noch mit der durch die einmalige Spiegelung bewirkten *einseitigen Bildumkehrung* zu rechnen. Diese Bildumkehrung läßt sich, wie eine kleine Überlegung zeigt, nur dadurch unschädlich machen, daß wir entweder das in seiner Ebene um 180° gedrehte Negativ mit der Schichtseite dem Objektiv zugewandt oder das in gleicher Weise orientierte Diapositiv mit der Schichtseite dem Objektiv abgewandt in das Wheatstonesche Spiegelstereoskop einsetzen. Im letzteren Falle würde also zwischen Schicht und Objektiv eine den Strahlengang mehr oder weniger störende Glasplatte zu liegen kommen, sodaß hier von einer vollkommenen Aufhebung der Verzeichnung des Bildes nicht mehr die Rede sein kann.

Es ist somit bemerkenswert, daß wir bei Benutzung der Negative im Wheatstoneschen Stereoskop nicht allein eine vollkommene Aufhebung der Bildverzeich-

[1]) Die Aufhebung der Verzeichnung des photographischen Objektivs in der angegebenen Weise ist bekanntlich schon von Hrn. Prof. Koppe (siehe Koppe, Photogrammetrie und internationale Wolkenhöhenmessung und v. Rohr, Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs, *S. 17*) mit größtem Erfolg zur Ausmessung photogrammetrischer Aufnahmen mit Hülfe eines Theodoliten benutzt worden und wird auch anderwärts, insonderheit in der Astronomie vielfach mit gleichem Nutzen angewandt.

nung und sogar auch der Unebenheiten der Glasplatte, sondern auch ein vollkommen bildrechtes, d. h. mit der Landschaft in Bezug auf oben und unten, rechts und links gleich gerichtetes Stereoskopbild erhalten, sodaß die dioptrischen Verhältnisse beim Einblick in das Stereoskop, abgesehen von den oben erwähnten Helligkeitskontrasten, in allem genau so sind, wie wenn man vom Standpunkt der Aufnahme im freien Sehen die Landschaft betrachten würde.

Es ist noch erwähnenswert, daß wir uns auch von diesen Helligkeitskontrasten dadurch frei machen können, daß wir das Wheatstonesche durch das Helmholtzsche Spiegelstereoskop ersetzen und in dieses die Diapositive, mit der Schichtseite dann dem Objektiv zugewandt, einsetzen. Das Helmholtzsche Spiegelstereoskop ist aber aus Gründen, auf die ich hier nicht näher eingehen will, für die vorliegende Aufgabe weniger geeignet als das Wheatstonesche.

8. *Ersatz der Spiegelglasplatten durch Prismen.* Die Anwendung der mit schwach durchscheinender Versilberung versehenen Spiegelglasplatten der Devilleschen Anordnung ist in doppelter Hinsicht von Nachteil für die Lösung unserer Aufgabe. In erster Linie ist, wie leicht ersichtlich, die Silberschicht dem Verderben ausgesetzt, in zweiter Linie ist eine solche Glasplatte nicht gleichwertig in ihrem Einfluß auf den Strahlengang für die an ihr reflektierten, vom Stereoskopbild herkommenden und für die von der Isohypsenmarke ausgehenden durch sie hindurchgehenden Lichtstrahlen. Für die reflektierten Strahlen ist die Glasplatte — vollkommen plane Flächen vorausgesetzt — so gut wie gar nicht vorhanden, für die durchfallenden Strahlen hingegen findet eine von der Dicke der Glasplatte abhängige seitliche Verrückung der Lichtstrahlen statt, durch welche der scheinbare Ort der im Objektraum herumgeführten Marke mehr oder weniger verändert erscheint.

Der eine Nachteil sowohl als auch der andere werden sofort aufgehoben, wenn wir die beiden Glasplatten ersetzen durch je einen Glaswürfel, bestehend aus zwei miteinander verkitteten 90°-Prismen, von denen das vordere auf seiner Hypotenusenfläche eine leicht durchscheinende Versilberung trägt. Durch diese Anordnung ist nicht allein die Silberschicht jetzt dauernd jeder Gefahr einer Beschädigung entzogen, auch sind die von dem reflektierten und von dem durchfallenden Strahlenbüschel durchlaufenen Glaswege unter sich gleich lang und gleicher Art und somit auf die Zusammengehörigkeit des virtuellen Raumbildes der Landschaft zum Objektraum ohne jeden Nachteil. Über die Anbringung der Blendenöffnungen in Bezug auf ihre Stellung zu diesen Würfeln verweise ich auf die Angaben des Abschnitts 10.

9. *Berücksichtigung der Höhendifferenz der Aufnahmestationen.* Hr. Deville hat, um den bei stereophotogrammetrischen Aufnahmen nicht immer zu vermeidenden Höhenunterschied der beiden Aufnahmestationen auch im Stereoskop in Anrechnung zu bringen, die mit den beiden Durchblicköffnungen versehene Scheibe (siehe Fig. 2) um genau meßbare Beträge um eine horizontale Drehungsachse zum Drehen eingerichtet, sodaß der Beobachter je nach der Größe und dem Vorzeichen des Höhenunterschiedes der beiden Aufnahmestationen mit nach rechts oder links geneigtem Kopf durch die beiden Diopter hindurchschauen muß. Ich habe diesen Fall bei der Darlegung der Grundlagen der Stereophotogrammetrie eingehend erörtert und mich aus den dort angegebenen Gründen dafür entschieden, die beiden in verschiedener Höhe aufgenommenen Platten trotz dieses Höhenunterschiedes horizontal neben einander auf dem Stereo-Komparator zu befestigen, wobei als Standlinie für die stereoskopische Betrachtung sowie für die Messung nicht die Standlinie selbst, sondern die Projektion der Standlinie auf den Horizont anzusehen ist und wobei die in die Rich-

tung der Vertikale fallenden Komponenten der parallaktischen Verschiebungen durch Neueinstellung einer der beiden Platten in vertikaler Richtung mit Hülfe einer Feinbewegungsschraube ohne irgend welchen Einfluß auf die Horizontalkomponente der parallaktischen Verschiebung ausgeglichen wird. Ich möchte auch bei dem vorliegenden Stereo-Planigraphen dieser Einrichtung den Vorzug geben; denn da die Aufmerksamkeit des Beobachters bei der Einstellung der Isohypsenmarke auf gleiche scheinbare Entfernung mit einem Landschaftspunkt immer nur auf einen relativ kleinen Teil des Gesichtsfeldes gerichtet ist, so kommen für die stereoskopische Betrachtung dieses Teiles die Höhendifferenzen in den übrigen Teilen des Gesichtsfeldes nicht in Betracht, auch wird, wie leicht ersichtlich, durch die jedesmalige Beseitigung der Höhendifferenzen der Ort des Fußpunktes gar nicht berührt. Bei dem definitiven Stereo-Planigraphen ist für diesen Höhenausgleich entsprechend der übrigen Einrichtung des Apparates eine besondere Feinbewegungsschraube vorgesehen.

10. *Der Stereo-Planigraph in seiner provisorischen Ausführung* (Fig. 5). Auf Grund der vorstehenden Überlegungen habe ich den in nebenstehender Figur skizzierten provisorischen Apparat zusammengestellt, und es ist mir noch am letzten Tage des verflossenen Jahres möglich gewesen, mit demselben in der nachstehend näher beschriebenen Weise den *ersten rohen Plan einer Landschaft aus den Dolomiten* mit vier Höhenkurven von je 100 *m* Höhenunterschied unmittelbar auf dem Fußboden des Zimmers aufzuzeichnen. Im einzeln siehe dieserhalb unter 12. Die beiden hierbei benutzten photogrammetrischen Aufnahmen — Standlinie gleich 44 *m*, Plattenformat 18 × 24 *cm* — waren mir durch Hrn. Oberst von Hübl in Wien freundlichst zur Verfügung gestellt. Daß dieser Plan keinen Anspruch auf Zuverlässigkeit erheben darf, ist leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß ich nicht die Platten selbst, sondern auf Pappe aufgezogene Papierkopien und außerdem zur Betrachtung der Bilder photographische Objektive (Zeiss-Protar Serie VII) benutzt habe, welche nur eine angenähert gleiche Brennweite (etwa 240 *mm*) besitzen und einer ganz anderen Serie angehören, als das von Hrn. Oberst von Hübl benutzte Objektiv (Serie V).

Dessen ungeachtet aber war mir in dem Versuchsinstrument reichlich Gelegenheit geboten, alle für das vorliegende Verfahren in Frage kommenden Erscheinungen und Operationen im einzeln näher zu studieren. Ich bin daher auch schon bald dazu übergegangen, zusammen mit meinem langjährigen geschickten Mitarbeiter, dem Mechaniker Hrn. F. Eckardt von der Firma Zeiss, die konstruktive Ausgestaltung des definitiven Apparates in Angriff zu nehmen. Gegenwärtig befindet sich dieser Apparat, dessen Hauptmerkmale ich im folgenden noch näher bezeichnen werde, in Fabrikation. Da zur Zeit über Versuche mit dem neuen Apparat noch nicht berichtet werden kann, so erscheint es mir angebracht, zunächst die in Fig. 5 angegebene Versuchsanordnung, die im Apparat beobachtete Erscheinung und das bei demselben benutzte Verfahren zum Aufzeichnen der Höhenkurven zu besprechen, und das um so mehr, weil diese Anordnung in ihrer Einfachheit auch anderen die Möglichkeit gewährt, mit verhältnismäßig sehr einfachen Mitteln den Versuch zu wiederholen und einen Einblick in die eigenartige Wirkung des Instrumentes zu gewinnen.

In Fig. 5 (Aufriß und Grundriß) ist das Versuchsinstrument in ungefähr $^1/_5$ nat. Größe wiedergegeben. *OB* bezeichnet die bekannte für Projektionszwecke bestimmte optische Bank der Firma Zeiss (Gesamtlänge etwa $^3/_4$ *m*). Auf der Bank sitzen drei Reiter *R* von der üblichen Form, der innere ist zum Aufstellen des eigentlichen Beobachtungsapparates und die beiden äußeren zum Befestigen der photographischen Bilder P_1 und P_2 bestimmt. Jeder der drei Apparatteile ist für sich justierbar.

Der *Beobachtungsapparat* setzt sich zusammen aus den beiden Objektiven O_1 und O_2, den beiden zu diesen Objektiven gehörigen Blendenscheiben J_1 und J_2 und den beiden auf den Augenabstand des Beobachters eingestellten, oben näher bezeichneten Prismenkombinationen W_1 und W_2. Die Objektive sind ohne jede Fassung mit etwas Schellack auf ihrer Unterlage befestigt, ebenso die beiden Blendenscheiben J_1 und J_2. Die Prismen W_1 und W_2, ebenfalls ohne Fassung, sind dagegen auf ihrer Auflagefläche mit einer dünnen Fettschicht versehen, sodaß man dieselben für die Zwecke der Feinjustierung auf ihrer Unterlage bequem verschieben und drehen kann. A_1 und A_2 stellen die Augen des in den Apparat schauenden Beobachters dar.

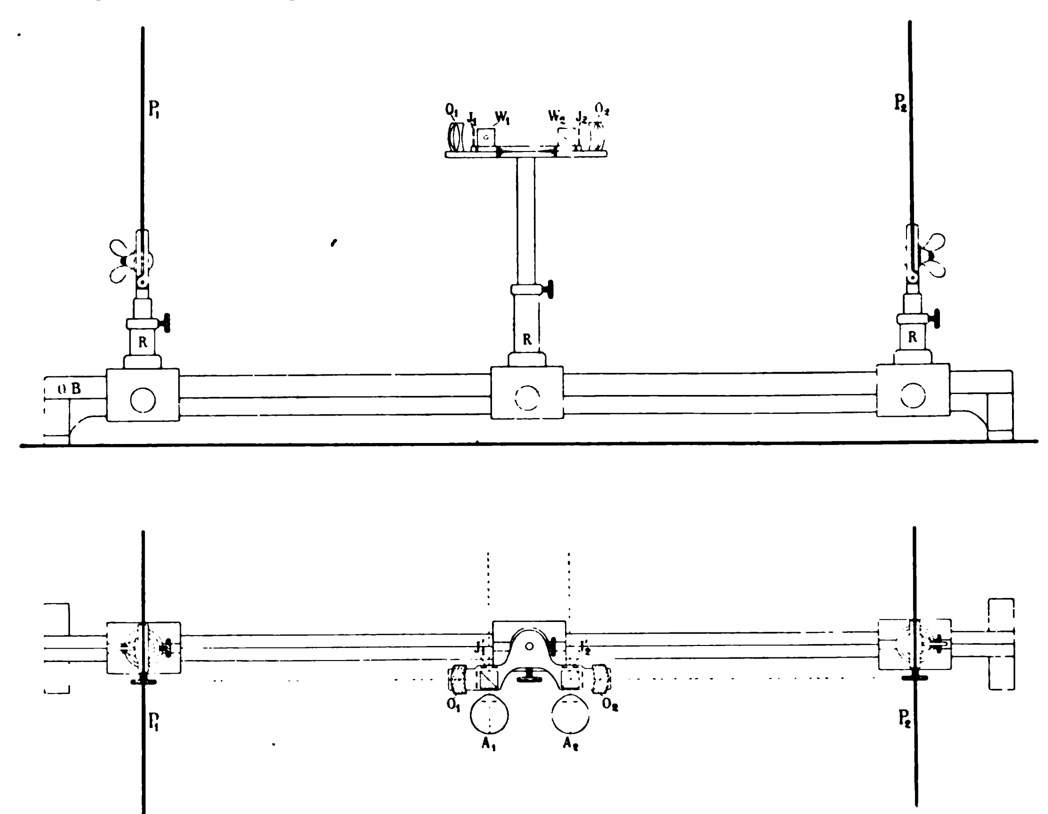


Fig. 5. Aufriß und Grundriß des Stereo-Planigraphen in seiner provisorischen Ausführung.

Die in Fig. 5 bezeichnete Lage der Blenden J_1 und J_2 zwischen Prismenkombination und Objektiv war wegen des gegebenen geringen Abstandes der Blende vom Objektiv vorgeschrieben. Infolge dessen befindet sich die Pupille des Auges in einigem Abstand von der Durchblicköffnung — welcher Abstand natürlich noch größer ausgefallen wäre, wenn ich zur Betrachtung der Bilder symmetrisch gebaute Objektive verwendet hätte — sodaß der Beobachter immer nur einen Teil des Bildes überschauen kann und daher gezwungen ist, um nacheinander alle Teile des Raumbildes betrachten zu können, seinen Kopf nach rechts und links, nach unten und oben zu verschieben. Für die Messung hat dieser Umstand keinerlei Nachteil, da der Beobachter im eigentlichen Meßverfahren seine Aufmerksamkeit ja doch immer nur auf denjenigen Teil der Landschaft zu richten hat, in dem sich die Isohypsenmarke befindet. Natürlich kann man, sofern es nur auf eine Demonstration des Verfahrens und nicht auf Messungen ankommt, die beiden Blenden J_1 und J_2 entfernen

und erhält dann ebenfalls einen Gesamtüberblick über das Raumbild der Landschaft. Um auch für die gerade Durchsicht Blenden von gleicher Größe und Lage wie für das Stereoskopbild zu erhalten, war noch erforderlich, vor die beiden Glaswürfel, nach dem Objektraum zu, an dem Ort des Spiegelbildes der beiden Blenden J_1 und J_2 zwei weitere Blenden J'_1 und J'_2 anzubringen.

Bei dem definitiven Apparat habe ich ein Objektiv in Anwendung gebracht, bei dem die Blende so weit vom Objektiv ab gelegen ist, daß der Würfel bequem zwischen Blende und Objektiv eingeschaltet werden kann (siehe Fig. 6). Auf diese Weise kommt die Durchblicköffnung, welche nunmehr sowohl für das reflektierte Licht als auch für das durchfallende Licht wirksam ist, in die unmittelbare Nähe des beobachtenden Auges, und der Beobachter kann jetzt auch bei der Messung das ganze stereoskopische Bild der Landschaft auf einmal überschauen.

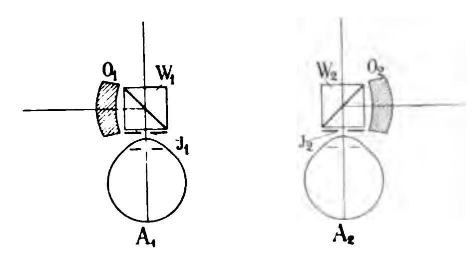


Fig. 6. Lage der Blenden J_1 und J_2 im neuen Stereo-Planigraphen.

Für die *Aufstellung der beiden Platten* P_1 und P_2 sowie für deren Justierung sind in der getroffenen Versuchsanordnung äußerst bequem zu handhabende und für einen derartigen provisorischen Apparat auch vollkommen ausreichende Justiereinrichtungen gegeben. Denn wir können jede Platte in ihrer Ebene drehen und seitlich verschieben, in der Höhe verstellen, um die Vertikalachse drehen und endlich durch Verrücken der Reiter auf der optischen Bank die Bilder auf den vorgeschriebenen Abstand vom Objektiv einstellen. Nach erfolgter Aufstellung und Justierung der einzelnen Teile des Apparates haben wir endlich noch das Hülfsmittel, durch geringe seitliche Verrückung des mittleren Reiters etwaige Unterschiede im Bildwinkel der beiden Platten, die sich beim Gebrauch des Apparates als Höhendifferenzen im rechten und linken Landschaftsbild zur Isohypsenmarke für nahe und ferne Gegenstände bemerkbar machen, nach Art einer Differenzmethode auszugleichen.

Für die *Justierung des Apparates* kamen, abgesehen von den vorstehend genannten Hülfseinrichtungen, noch in Anwendung ein gewöhnlicher Millimeter-Maßstab für die Regulierung des Abstandes der Prismen voneinander und der Platten vom Objektiv und für die Normalstellung der Platten zur Objektivachse, ferner mehrere frei herabhängende Lote zum Ausrichten der beiden Prismenspiegel und des Strichkreuzes auf den Platten, sowie endlich eine in der Höhe der Blendenöffnungen J_1 und J_2 im Objektraum angebrachte *Höhenmarke*, letztere als Anhalt für die richtige Einstellung des im Stereoskop sichtbaren Horizontalfadens des Strichkreuzes. Die im Objektraum geradeaus in einem Abstand von mehreren Meter vom Apparat aufgehängten Lote erhielten einen seitlichen Abstand voneinander gleich dem Augenabstand des Beobachters. Außerdem wurde vor jeder der beiden Platten ein durch die optische Achse des Objektivs hindurchgehendes, frei herabhängendes Lot angebracht.

Das Ausrichten der Prismen geschah dann in der Weise, daß durch Neigung der optischen Bank und durch Drehung der beiden Prismen auf ihrer Unterlage das Spiegelbild des rechts bezw. links angebrachten Lotes seiner ganzen Länge nach mit dem einen bezw. dem anderen geradeaus im Objektraum befindlichen Lote zusammenfiel.

Nach Beseitigung der beiden vor den Platten hängenden Lote wurden dann diese so in ihren Haltern gerichtet und zur Seite verschoben, daß der Vertikalfaden

des Strichkreuzes mit dem gegenüberstehenden Lote in Deckung erschien, wobei die letzte Feineinstellung durch Drehen der Prismen vorgenommen wurde. Endlich wurden die Platten auf gleiche Höhe des Horizontalfadens mit der Horizontalmarke eingestellt.

Trotz dieser relativ primitiven Justierungseinrichtungen begegnete die Justierung des Apparates in allen seinen Teilen praktisch keinerlei ernstlichen Schwierigkeiten.

11. *Charakteristik der im Stereo-Planigraphen beobachteten Erscheinung.* Das, was das spezifisch Eigentümliche der im Stereo-Planigraphen beobachteten Erscheinung ausmacht und zugleich einen ganz wunderbaren Reiz darbietet, ist der Umstand, daß das Stereoskopbild der Landschaft *gleichzeitig* mit den Gegenständen im Zimmer gesehen wird. Denn dadurch wird erreicht, daß unser Urteil über die Lage und die Größe der einzelnen Teile des virtuellen Raumbildes an den uns bekannten Gegenständen im Zimmer, wie Tische, Stühle, Lampen u. s. w. oder an einem im Zimmer herumgetragenen Zentimetermaßstab, einen festen Anhalt bezw. einen unmittelbaren Maßstab für die Ausmessung des Raumbildes nach Entfernung, Höhe und Breite gewinnt, *wie solches in einem einfachen Stereoskop gar nicht möglich ist.*

Als ganz besonders auffällig wird hierbei von jedem Beobachter der *Gegensatz in den Größenverhältnissen* des telestereoskopischen Raumbildes der Landschaft zu den im Zimmer befindlichen Gegenständen empfunden, ein Gegensatz, der die letzteren geradezu als Riesengebilde gegenüber der puppenhaft verkleinerten Landschaft erscheinen läßt. In der Tat ist ein Streichhölzchen, welches man auf der Spitze eines Berges anzündet, in Bezug auf seine Größenverhältnisse zum Landschaftsbild vergleichbar mit einem gewaltigen Bergfeuer in der Landschaft selbst und eine im Zimmer sich bewegende Person einem Riesen vergleichbar, der mit Siebenmeilenstiefeln durch das Gebirge wandert. Auf das gespensterhafte Aussehen der Erscheinung komme ich im folgenden noch näher zurück. Besonders hübsch ist es, wenn man im Zimmer eine brennende Kerze so aufstellt, daß die Flamme sich zwischen den Tannen eines Waldes befindet, oder der obere hell erleuchtete Teil der Kerze eben aus der Oberfläche eines in der Landschaft befindlichen Sees herauskommt[1]).

Der Genuß, den Jeder beim Anblick dieser Erscheinungen empfindet, ist nicht ausschließlich die Folge der gleichzeitigen Sichtbarkeit des Landschaftsbildes und der Gegenstände im Zimmer. In erster Linie dürfte hierbei das Gefallen am Zierlichen, d. h. an dem in seinen Dimensionen leicht Überschaubaren ausschlaggebend sein, gerade wie das Modell eines in gewaltigen Dimensionen ausgeführten Denkmals in der Regel einen gefälligeren, schöneren Eindruck hervorruft wie das Denkmal selbst. Aber indirekt wirkt das Zimmer hierbei insofern mit, als es uns das Modellartige des Landschaftsbildes in so besonders auffälliger Weise vor Augen führt, wie es, wie gesagt, bei keinem anderen Stereoskop möglich ist.

Zur Begründung der vorbezeichneten Eigentümlichkeit der im Stereo-Planigraphen beobachteten Erscheinung sollen die bei einem gewöhnlichen Stereoskop vorkommenden Verhältnisse etwas näher betrachtet werden.

(Schluß folgt.)

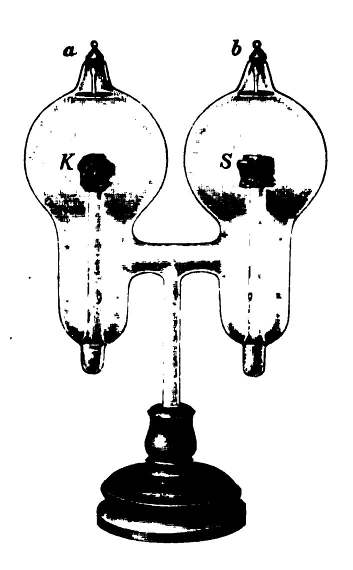
[1]) Die im Stereo-Planigraphen beobachtete Erscheinung mit den im virtuellen Raumbild der Landschaft an verschiedenen Stellen angebrachten Kerzen und Glühlampen läßt sich natürlich auch photographieren. Das aus diesen Bildern zusammengesetzte Stereoskopbild gibt dann in einem gewöhnlichen Stereoskop die Erscheinung fast ebenso wieder wie der Apparat selbst.

Über eine einfache Anordnung zur Demonstration oszillierender Entladungen.

Von

A. Winkelmann in Jena.

Die bekannte Eigenschaft vieler Mineralien, durch Kathodenstrahlen leuchtend zu werden, läßt sich verwerten, um den oszillatorischen Charakter von elektrischen Entladungen in bequemer Weise zu demonstrieren. Zwei Kugeln (vgl. die Figur), die unten zylindrisch ausmünden und durch einen Kanal verbunden sind, tragen oben zwei Elektroden *a* und *b*. Die eine Kugel enthält in ihrer Mitte einen Korund *K*, die andere einen Scheelit *S*; der Korund wird durch Kathodenstrahlen rot, der Scheelit blau leuchtend. Läßt man nicht oszillierende Entladungen durch den genügend evakuierten Apparat gehen, so leuchtet nur einer der Kristalle und zwar derjenige, oberhalb dessen sich die Kathode befindet. Läßt man dann oszillierende Entladungen durchtreten, so leuchten beide Kristalle.



Um den Übergang von einer Entladungsart zur andern leicht zu erreichen, verbindet man die beiden Elektroden *a* und *b* mit den Entladern einer Influenzmaschine. Entfernt man die Entlader soweit auseinander, daß zwischen ihnen sich keine Funken bilden, so geht die Entladung, ohne zu oszillieren, durch den Apparat und nur einer der beiden Kristalle leuchtet. Nähert man dann die Entlader so weit, daß Funkenbildung eintritt, so gehen oszillierende Entladungen durch, wie das Aufleuchten beider Kristalle beweist. Die oszillierende Entladung wird stärker, d. h. das Aufleuchten der Kristalle intensiver, wenn man die Elektroden *a* und *b* mit den äußeren Belegungen der beiden kleinen Leydener Flaschen, die gewöhnlich den Influenzmaschinen beigegeben sind, verbindet und dann eine Funkenentladung zwischen den Entladern der Maschine eintreten läßt.

Schon eine kleine Wimshurstsche Elektrisiermaschine von 30 *cm* Scheibendurchmesser genügt, um die Erscheinung zu zeigen; auch ein kleiner Induktionsapparat von 1 *cm* Schlagweite, der mit 2 Volt betrieben wird, reicht schon aus.

Der oben dargestellte Apparat wird von Hrn. E. Gundelach in Gehlberg in Thüringen für 22,50 M. geliefert.

Jena, im März 1903.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1902.

(Fortsetzung von S. 125.)

Abteilung II.

I. Präzisionsmechanische Arbeiten[1]).

1. Übersicht über die Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten.

Die wesentlichen Prüfungs- und Beglaubigungsarbeiten sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

	Anzahl
Längenmessungen:	
Teilungen auf Silber oder Stahl	22
Endmaße	7
Kaliberkörper (Bolzen, Drähte u. dgl.)	13
Trägheitskörper	2
Meßschrauben und Gewindebohrer	3
Normale für Mechanikergewinde	31
„ „ Wassermessergewinde	12
„ „ Edison-Fassungen	16
Stimmgabelprüfungen:	
Stimmgabeln für den internationalen Stimmton	43
„ anderer Tonhöhe	10
Gyrometer	1
Untersuchungen von Kapok auf Tragfähigkeit unter Wasser	7
v. Pittlerscher Arbeitszähler	1

2. Prüfung von Arbeitszählern.

Das Prinzip des Pittlerschen Arbeitszählers ist folgendes. Eine Riemscheibe, die von der Transmission angetrieben wird, überträgt Arbeit durch Vermittelung einer zweiten, auf derselben Achse befindlichen Riemscheibe, die mit der ersten durch eine Feder gekuppelt ist, auf die Maschine, deren Leistung der Zähler ermitteln soll. Die zweite Scheibe erfährt bei diesem Vorgange gegen die erste eine der jeweilig übertragenen Arbeit entsprechende Verdrehung. Die letztere zeigt sich unter Vermittelung einer mit der zweiten Scheibe verbundenen Führungskurve, welche auf ein Exzenter auf der gleichen Achse wirkt, in dem Ausschlag eines Stiftes. Die Größe dieses Ausschlages hängt von der erwähnten Verdrehung ab, und je nach ihrem Betrage wird bei jeder Umdrehung des Ganzen ein Zählwerk weitergeschaltet, das die Arbeitsleistung unmittelbar angibt. Es wurde an dem eingelieferten Apparate eine Reihe von orientierenden Vorversuchen angestellt und alsdann auf Grund derselben die Prüfung auf statischem Wege ausgeführt. Während die eine Riemscheibe festgehalten wurde, ergab die stufenmäßig fortschreitende Belastung der anderen an ihrem Umfange die Größe der entsprechenden Verdrehung (unter Erschütterung der Feder); alsdann wurden die Scheiben um verschiedene Beträge gegen einander verdreht und in dieser Lage unter einander gekuppelt. Bei diesen Stellungen wurde eine größere Zahl von Umdrehungen gemacht und darauf die Angabe des Apparates am Zählwerk abgelesen; diese Zahl, mit dem aus Belastung und Umfang der Scheibe errechneten Werte verglichen, ergibt den Fehler des Apparates.

3. Wanschaffsche Kreisteilmaschine.

An der Wanschaffschen Kreisteilmaschine wurden die Striche 0° 30° 60° .... durch 2 Beobachter an 4 Mikroskopen nach der Schreiberschen Methode fundamental untersucht und alsdann durch 1 Beobachter an 2 Mikroskopen die Intervalle von 5°.

Die Ergebnisse sind sehr befriedigend; der Mittelwert aller Fehler beträgt 0,33″ und ist in allen vier Quadranten einzeln der gleiche. Ein merklicher Anschlußfehler in der Teilung tritt in den Fehlern nicht hervor; aus ihrer Größe und ihrem Verlauf darf man schließen, daß die Maschine zur Herstellung von Teilungen unmittelbar verwendbar ist.

---

[1]) Leman, Blaschke.

Die Art, in der die Kreisteilmaschine für die Zwecke der Technik nutzbar gemacht werden soll, ist die folgende. Es wird den darum nachsuchenden Mechanikern gestattet werden, sich gegen eine bestimmte Benutzungsgebühr entweder selbst oder durch zuverlässige, mit derartigen Arbeiten vertraute Gehülfen auf der Maschine *Mutterteilungen für den eigenen Gebrauch* herzustellen, um die letzteren zur Fabrikation von Kreisen zweiter Ordnung verwenden zu können. Dabei sollen die Einrichtungsarbeiten, d. h. die Befestigung und Zentrierung der Kreise u. s. w. durch einen Beamten der Reichsanstalt ausgeführt, das eigentliche, mechanische Teilgeschäft aber von dem Antragsteller oder seinem oben erwähnten Gehülfen ausgeübt werden. Die Verantwortlichkeit für die Güte der hergestellten Teilung würde demnach ausschließlich den letzteren zufallen.

II. Elektrische Arbeiten.

A. Starkstrom-Laboratorium.

1. Übersicht der Prüfungsarbeiten[1].

Die in dem Jahre 1902 geprüften elektrischen Apparate und Materialien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

I. Meßapparate.	Anzahl
a) Mit Gleichstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	
1. der elektrischen Spannung	45
2. „ „ Stromstärke	42
3. „ „ Spannung und Stromstärke	48
4. „ „ Leistung	32
5. „ „ Arbeit (Elektrizitätszähler)	263
b) Mit Wechsel- oder Drehstrom geprüfte Zeigerapparate für Messung	
1. der elektrischen Spannung	5
2. „ „ Stromstärke	3
3. „ „ Leistung	9
4. „ „ Arbeit (einphasiger Wechselstrom)	63
5. „ „ Arbeit (Drehstrom)	43
c) Sonstige Meßapparate	
1. Strommeßwiderstände	4
2. Induktionsrollen	8
3. Kondensatoren	6
4. Optische Pyrometer	36
II. Motoren.	
1. Gleichstrom-Motoren	2
2. Wechsel- und Drehstrom-Motoren	6
III. Materialien.	
1. Feste Materialien	42 Sorten
2. Lacke	26 „
3. Kabel- und Isolierrohre	20 „
4. Porzellan-Isolatoren	81 Stück

Unter den oben genannten Apparaten befinden sich 42 für elektrische Prüfämter bestimmte Zeigerapparate.

2. Systemprüfungen.

Außer den in der vorstehenden Tabelle enthaltenen laufenden Arbeiten sind fünf Systemprüfungen in Angriff genommen und nahezu abgeschlossen (vgl. *S. 156*).

3. Verhalten der Zähler im praktischen Betriebe.

Die im letzten Tätigkeitsbericht (vgl. *diese Zeitschr.* ***22.*** *S. 140. 1902*) erwähnten Versuche über das Verhalten von Elektrizitätszählern im praktischen Betriebe wurden fortgesetzt. Es sind im Berichtsjahre 80 Gleichstromzähler und 31 Wechselstrom- bezw. Drehstromzähler mehrfach an Ort und Stelle kontrolliert worden.

---

[1]) Für Gleichstrom: Kurlbaum, Reichardt, Schulze, Lohr, Runge, Janzen, Zimmer; für Wechselstrom und Isolation: Orlich, Kühns, Thies.

4. Kapazitätsmessungen [1]).

Es ist ein rotierender Unterbrecher konstruiert, mit welchem ein Kondensator während einer Sekunde 20- bis 250-mal so regelmäßig geladen und entladen wird, daß die Summe der Stromstöße wie ein konstanter Strom auf ein Galvanometer wirkt. Dieser Apparat ist sowohl für absolute Kapazitätsmessungen wie für relative Vergleichungen sehr kleiner Kapazitäten bestimmt (vgl. den Tätigkeitsbericht für 1900, *diese Zeitschr.* **21.** *S. 111. 1901*).

5. Optische Pyrometer [2]).

Die Prüfung von optischen Pyrometern ist unter die laufenden Prüfungsarbeiten aufgenommen. Es sind 15 Pyrometer, in der Ausführung nach Holborn und Kurlbaum, mit den zugehörigen Glühlampen geprüft. Von diesen Pyrometern waren 13 mit Lichtschwächungen für die Messung der höchsten Temperaturen ausgerüstet.

Ferner sind 21 Pyrometer, in der Ausführung nach Wanner, darunter eins mit Lichtschwächung zur Messung der höchsten Temperaturen geprüft.

6. Arbeiten des Wechselstromlaboratoriums [3]).

Nach den Erfahrungen, die bei den Prüfungen mannigfacher Formen von Leistungs- und Verbrauchsmessern gewonnen wurden, scheint die bereits im Tätigkeitsbericht für 1899 (*diese Zeitschr.* **20.** *S. 174. 1900*) beschriebene Methode der Leistungsmessung durch das Elektrometer die zuverlässigste und empfehlenswerteste zu sein. Bei den früheren Versuchen traten zwei Schwierigkeiten auf: 1. Die allgemein übliche Maxwellsche Formel für das Elektrometer erwies sich als nicht genügend (vgl. den Tätigkeitsbericht für 1900, *diese Zeitschr.* **21.** *S. 141. 1901*); 2. die gewöhnliche Form der Normalwiderstände ist wegen der Induktionswirkungen nicht anwendbar.

Zu 1. Es wurde deshalb eine genaue Untersuchung des Quadrantelektrometers ausgeführt und, nachdem die Ursache der bereits *a. a. O.* erwähnten Abweichungen erkannt war, eine neue Formel aufgestellt, die mit den Versuchen besser stimmt. Diese Formel lautet:

$$\alpha = \frac{(Q_1 - Q_2 + Q_{12})(N - \tfrac{1}{2}(Q_1 + Q_2) + P)}{C + a(N - Q_1)(N - Q_2) + b(Q_1 - Q_2)^2}.$$

Darin bedeuten α den Ablenkungswinkel, N das an die Nadel gelegte Potential, Q_1, Q_2 die an die Quadranten gelegten Potentiale, Q_{12} die Kontaktpotentialdifferenz zwischen den beiden Quadranten, P die Kontaktpotentialdifferenz zwischen Nadel und Quadranten.

Die Resultate dieser Untersuchung sind inzwischen veröffentlicht (*diese Zeitschr.* **23.** *S. 97. 1903*).

Zu 2. Die im Tätigkeitsbericht für 1898 (*diese Zeitschr.* **19.** *S. 242. 1899*) erwähnte Form induktionsloser Normalwiderstände hat umkonstruiert werden müssen, weil die Widerstände keine hinreichende Konstanz aufwiesen und weil die zulässige Belastbarkeit für die Verwendung mit dem Elektrometer nicht genügte. Es wurden neue induktionslose Widerstände im Betrage von 0,03; 0,01; 0,003; 0,001 Ohm hergestellt, die bezw. mit 50; 100; 500; 1000 Watt belastbar sind. Die Induktion und Kapazität dieser Widerstände sind zahlenmäßig bisher noch nicht festgestellt worden, sind aber so gering, daß sie für die Leistungsmessung keine wesentlichen Fehler hervorrufen.

Zur Prüfung von Strommessern für Wechselstrom wurden seither für Stromstärken kleiner als 100 Amp. geeignete Dynamometer, für Stromstärken größer als 100 Amp. Hitzdrahtinstrumente angewandt, obwohl die letzteren die für Normalmessungen erforderliche Genauigkeit und Konstanz nicht besitzen.

Es wurde deshalb die folgende Methode versucht: Den zu messenden Wechselstrom schickt man durch ein Platinblech von geeigneter Dicke und Breite, sodaß dasselbe in Rot- oder Weißglut kommt. Auf das Blech blickt man mit einem optischen Pyrometer und bringt den Lampenfaden zum Verschwinden. Alsdann erhitzt man das Blech mit Gleichstrom von solcher Stärke, daß der Lampenfaden wieder verschwindet. Dann ist der für die Heizung verwendete Gleichstrom gleich dem zu messenden Wechselstrom. Versuche, die mit Stromstärken bis zu 100 Amp. angestellt wurden, ergaben eine Empfindlichkeit der Messung von

[1]) Kurlbaum, Schulze.

[2]) Kurlbaum, Schulze.

[3]) Orlich.

wenigen Tausendsteln. Die Ausbildung dieser Methode und ihre Erweiterung auf höhere Stromstärken als 100 Amp. ist in Vorbereitung.

7. Untersuchung an Motoren[1]).

An den zur Untersuchung eingesandten Wechselstrommotoren wurden außer den Bremsversuchen die für die Konstruktion der Heylandschen Diagramme erforderlichen Beobachtungen vorgenommen und das durch die Diagramme dargestellte Verhalten der Motoren mit den aus den Bremsversuchen gewonnenen Resultaten verglichen. Es ergab sich bei normalen Maschinen eine recht gute Übereinstimmung. Die Untersuchungen an diesen Maschinen gaben auch Veranlassung, verschiedene schon bekannte, zur genauen Bestimmung der Schlüpfung dienende Methoden auf ihre Verwendbarkeit zu prüfen. Als zweckmäßig und an großen wie an kleinen Motoren verwendbar hat sich die Methode gezeigt, bei der ein mit der Welle starr verbundener Kontakt während jeder Umdrehung einmal den Stromkreis einer Glühlampe schließt, die an die Klemmen der den Motor speisenden Wechselspannung angeschlossen ist. Dann wird die Schlüpfung aus der Zahl der sekundlichen Schwebungen in der Helligkeit der Lampe gefunden. Die Methode, die in dieser Anordnung bei niedrigen Werten der Schlüpfung bequem anwendbar ist, versagt bei höheren Werten, da die Anzahl der Schwebungen zu groß wird.

Um die Anzahl auf die Hälfte zu reduzieren, wurde in den Stromkreis der Glühlampe eine geeignete Zahl Graetzscher Aluminiumzellen eingeschaltet, die den Stromdurchgang nur in einer Richtung gestatten. Da sich 150 Schwebungen pro Minute noch gut zählen lassen, so sind Schlüpfungen bis zu 10 % bei 50 Perioden pro Sekunde nach dieser Methode noch gut meßbar.

An einem der Reichsanstalt gehörenden Gleichstrommotor wurden vergleichende Versuche zur Bestimmung und Trennung der Verluste nach den Methoden von Hummel, Kapp, Dettmar u. a. vorgenommen. Die einzelnen Methoden ergaben zum Teil erheblich voneinander abweichende Resultate.

Es wird beabsichtigt, die Untersuchungen an Maschinen sowie auch an Transformatoren fortzusetzen.

B. Schwachstrom-Laboratorium[2]).

1. Übersicht über die laufenden Prüfungsarbeiten.

Im Jahre 1902 wurden auf Antrag geprüft

- 5 Proben Leitungsmaterial (4 Anträge);
- 231 Einzelwiderstände;
- 54 Widerstandssätze (10 Kompensatoren, 9 Meßbrücken, 31 Widerstandskästen, 4 Verzweigungs-Büchsen) mit zusammen 1520 einzelnen Abteilungen;
- 4 sonstige Widerstandsprüfungen, darunter eine eingehende Untersuchung eines neuen Kompensator-Modells;
- 123 Clarksche Normalelemente;
- 71 Westonsche Normalelemente;
- 36 Primärelemente (6 Anträge);
- 11 Akkumulatoren (2 Anträge).

Unter den geprüften Einzelwiderständen waren 156 Draht- und 75 Blech-Widerstände. Als Widerstandsmaterial war (einschließlich der Widerstandssätze) für 277 Apparate Manganin, für 3 Konstantan verwandt; für 5 Stück war nicht angegeben, aus welchem der beiden Materialien sie bestanden.

Von 244 Apparaten lagen Angaben der Verfertiger über den Besteller vor. Danach gingen 109 Stück ins Ausland und zwar 47 Stück nach Amerika, 25 nach Rußland, 16 nach England, je 8 nach Österreich und Schweden, 4 nach Italien und 1 nach Japan.

Für andere Laboratorien der Reichsanstalt wurden 9 Einzelwiderstände und 13 Widerstandskästen mit zusammen 249 Abteilungen gemessen.

2. Messung kleiner Widerstände.

Die Ergebnisse der im vorigen Bericht erwähnten Nachprüfung kleiner Widerstände sind veröffentlicht worden (Anh. Nr. 33).

---

[1]) Kühns.

[2]) Lindeck.

Ferner haben die im letzten Bericht ebenfalls besprochenen gemeinsamen Messungen in Abteilung I und II zur Abfassung einer ausführlichen Arbeit[1]) „Über Präzisionsmessungen an kleinen Widerständen in der Thomsonschen Brücke“ geführt, welche kürzlich erschienen ist (*diese Zeitschr.* **23.** *S. 33 u. 65. 1903*).

3. Normalelemente.

a) Zur Prüfung eingesandte Elemente.

Bei den zur Prüfung eingesandten Clark-Elementen lag die Abweichung vom Normalwert ($1{,}432_8$ Volt bei 15° C.)

bei 18 Stück zwischen 0,0000 und 0,0004 Volt
„ 59 „ „ 0,0004 „ 0,0007 „
„ 30 „ „ 0,0007 „ 0,0010 „
„ 16 „ über 0,0010 Volt.

Beglaubigt wurden 95 Stück; 28 Elemente, die wiederum fast ausschließlich von einer Firma herrühren, mußten, teils, weil sie die Fehlergrenze von 0,001 Volt überschritten, teils wegen Unsicherheit der Werte, von der Beglaubigung ausgeschlossen werden.

Sämtliche Elemente waren von der Feußnerschen Form. Es ist bemerkenswert, daß die in der vorstehenden Zusammenstellung angegebenen Abweichungen, wie dies schon seit langer Zeit in der Reichsanstalt beobachtet wird, fast ausnahmslos in einem Sinne auftreten, und zwar so, daß das Element mit Tonzelle höher zeigt als der obige Normalwert, der an Elementen der Rayleighschen H-Form ermittelt wurde. Die Elemente mit Tonzelle scheinen demnach eine um etwa 0,0005 Volt höhere elektromotorische Kraft zu haben als die H-Elemente, wie dies ähnlich Kahle schon 1893 angegeben hat (vgl. *diese Zeitschr.* **13.** *S. 301. 1893*).

Da auf den Beglaubigungsscheinen für Clark-Elemente seit einigen Jahren der beobachtete Wert vermerkt wird, so ist diese Abweichung praktisch nicht von Bedeutung.

Die Zahl der zur Prüfung eingereichten Westonschen Normalelemente ist erheblich gegen das Vorjahr gestiegen. Bei Zimmertemperatur wurden folgende Werte beobachtet:

bei 5 Stück 1,0188 Volt
„ 20 „ 1,0189 „
„ 24 „ 1,0190 „
„ 10 „ 1,0191 „
„ 4 „ 1,0192 „ .

6 Elemente zeigten Mängel und wurden daher nicht mit Prüfungsscheinen versehen. Außer diesen 69 Elementen mit nicht gesättigter Lösung wurden 2 Stück mit Überschuß an Kadmiumsulfat-Kristallen zur Prüfung eingesandt. Die Abweichung vom Mittelwert ist bei den Westonschen Elementen, wie ersichtlich, viel geringer als bei den Clark-Elementen. Ferner ist die mit den ersteren erreichbare Genauigkeit bedeutend größer und die Prüfung viel einfacher als bei den letzteren.

b) Normalelemente für den eigenen Gebrauch[2]).

Die im Jahre 1900 hergestellten Kadmium-Elemente (etwa 50 Stück) wurden im Juni 1902 in zwei Messungsreihen mit den im Jahre 1899 angefertigten verglichen. Die Differenz von 0,0002 Volt zwischen beiden Sorten ist bestehen geblieben. Während die innere Übereinstimmung der Elemente aus dem Jahre 1900 noch immer vorzüglich ist (Abweichung vom Mittel 1 bis 2 Hunderttausendstel), zeigen die Elemente aus dem Jahre 1899, die früher ebenfalls sich kaum voneinander unterschieden, jetzt z. T. um 0,0001 Volt zu niedrig und zwar betrifft dies hauptsächlich diejenigen Elemente, die vielfach gebraucht werden. Ein Element hatte sogar eine um 0,0005 Volt zu niedrige Spannung und erwies sich gegen mechanische Erschütterungen empfindlich. Als Erklärung für diese Störungen ergab sich die Tatsache, daß bei den H-Elementen der gewöhnlichen Form am Amalgampol der Elektrolyt im Laufe der Jahre bis zum eingeschmolzenen Platin-Draht vordringen kann. Es bildet sich dann dort ein kurz geschlossenes Element Pt — $CdSO_4$ — Cd-Amalgam, das zu Störungen der ursprünglichen elektromotorischen Kraft Anlaß gibt. Bei der Neuherstellung von Kadmium-Elementen wird man diesen Übelstand durch Ansetzen eines nach oben gebogenen Röhrchens an dem Amalgampol vermeiden.

---

[1]) Jaeger, Lindeck, Diesselhorst.

[2]) Jaeger, Lindeck.

Die im vorigen Bericht erwähnten Versuche, die Ursache für das abweichende elektromotorische Verhalten von Merkurosulfat verschiedener Herkunft aufzufinden, wurden weiter fortgesetzt, sind aber noch nicht zum Abschluß gekommen.

4. Kundtsche Widerstände.

Die Widerstände wurden im August und Dezember 1902 gemessen und haben zum größten Teil eine sehr gute Konstanz gezeigt. Eine bereits für das Berichtsjahr in Aussicht genommene Veröffentlichung hierüber wird nunmehr baldigst erfolgen.

5. Pyrometrische Arbeiten.

Betreffs der pyrometrischen Arbeiten vgl. weiter unten.

C. Referat für elektrische Prüfämter[1].

1. Errichtung elektrischer Prüfämter.

Mit Beginn des Jahres 1902 wurde das erste elektrische Prüfamt in Ilmenau eröffnet; ihm folgte zu Anfang März das elektrische Prüfamt 2 in Hamburg und im Mai das Prüfamt 3 in München. Diese drei Prüfämter sind vor der Hand nur für Gleichstrommessungen eingerichtet. Das Meßbereich erstreckt sich

bei Prüfamt 1 bis 200 Amp. und 500 Volt
„ „ 2 „ 1000 „ „ 750 „
„ „ 3 „ 3000 „ „ 1000 „ .

Am 9. November wurde sodann vom Reichskanzler die Genehmigung erteilt zur Eröffnung je eines elektrischen Prüfamtes in Nürnberg durch das Bayerische Gewerbemuseum und in Chemnitz durch die Königlich Sächsische Regierung. Diese beiden Ämter sind für Gleichstrom- und Wechselstrommessungen bis 200 Amp. und 500 Volt eingerichtet.

In der Ausrüstung begriffen ist außerdem ein Prüfamt in Frankfurt a. M., welches im Anschluß an die dortigen städtischen Elektrizitätswerke durch den Magistrat der Stadt Frankfurt errichtet wird.

2. Prüfordnung.

Die Prüfordnung für elektrische Meßgeräte ist am 14. März 1902 im Zentralblatt für das Deutsche Reich veröffentlicht worden und gleichzeitig, vereinigt mit Vorschriften für die Ausrüstung der elektrischen Prüfämter, im Buchhandel erschienen (Verlag von J. Springer, Berlin).

3. Vorschriften für die Ausrüstung der elektrischen Prüfämter.

Die Ausrüstungsvorschriften enthalten eine Zusammenstellung der für die elektrischen Prüfämter erforderlichen Geräte der Zahl, Art und dem Meßbereich nach. In angefügten Erläuterungen werden die Zwecke, denen jeder Apparat dienen soll, und in einigen Fällen auch die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Genauigkeit der Apparate angegeben. Auf bestimmte Ausführungsformen einzelner Firmen ist dabei nicht Bezug genommen worden, um allen deutschen Fabrikanten elektrischer Meßgeräte den Bewerb um Aufträge für die Ausrüstung der Prüfämter in gleicher Weise zu ermöglichen und dem Fortschritt im Bau dieser Geräte freie Bahn zu lassen.

4. Meßgeräte für die Prüfämter.

Für die Prüfungsarbeiten der elektrischen Prüfämter sind in erster Linie Zeigergeräte für die Messung von Stromstärke, Spannung und Leistung erforderlich, welche die höchste zur Zeit für diese Art von Apparaten erreichbare Genauigkeit mit einer Stufenfolge zahlreicher Meßbereiche verbinden; der Übergang von einem Meßbereich zu einem andern soll schnell und sicher ausgeführt werden können; dabei soll eine Gefährdung der Beobachter durch freiliegende, spannungsführende Teile, sowie eine Beschädigung des Apparates durch hohe Stromstärken und eine Verwechselung der bei der jeweiligen Schaltung gültigen Reduktionsfaktoren durch den Bau des Apparats möglichst verhindert sein. Die meisten im Gebrauche befindlichen Strom- und Spannungsmesser entsprachen diesen Forderungen nur unvollständig, doch sind in letzter Zeit, zum Teil im Anschluß an Verhandlungen mit der Reichsanstalt und die von derselben erteilten Ratschläge, von einigen Firmen für den Gebrauch der Prüfämter besser geeignete Konstruktionen gebaut worden.

Ferner machte den Prüfämtern die Beschaffung geeigneter Regulier- und Belastungswiderstände Schwierigkeiten und unverhältnismäßig hohe Kosten. Besonders zeigte sich dies bei den für die Prüfungen von Zählern am Verwendungsorte bestimmten „tragbaren Belastungswiderständen“ (Nr. 21 u. 25 der Ausrüstungsvorschriften). Diesem Übelstande ist durch die Konstruktion leichter, in den elektrischen Laboratorien der Abteilung II erprobter Widerstände abgeholfen worden.

[1]) Feußner.

5. Beschäftigung der Prüfämter.

Die Beschäftigung der Prüfämter durch Prüfungsaufträge war in dem ersten Jahre nur in dem einen Fall, wo das Amt die laufenden Prüfungen für ein Elektrizitätswerk auszuführen hat (München), eine erhebliche.

Die Prüfung von Strom-, Spannungs- und Leistungsmessern kommt für die Ämter vorläufig noch nicht in Frage, weil dieselbe durch § 8 der Prüfordnung auf solche Meßgeräte beschränkt ist, welche einem beglaubigungsfähigen Systeme angehören und bisher noch kein System die Zulassung zur Beglaubigung erlangt hat.

6. Systemprüfungen.

Die Zulassung von drei Zählersystemen zur Beglaubigung wird in Kürze erfolgen (vgl. *S. 151*).

D. Magnetisches Laboratorium[1].

1. Übersicht der Prüfungsarbeiten.

I. Meßapparate.

Magnetisierungsapparate (nach Köpsel-Kath) der Firma Siemens & Halske	1
Magnetische Wagen nach du Bois	5

II. Materialien.

Die Zahl der laufenden Prüfungen hat im letzten Jahre hauptsächlich dadurch beträchtlich zugenommen, daß vielfach die sogenannten unmagnetischen Nickelstahl-Legierungen, die auf Kriegsschiffen als Ersatz der den Kompaß zu stark beeinflussenden Teile der Panzertürme dienen sollten, zur Prüfung eingereicht wurden. Bei dieser Prüfung wurde so verfahren, daß man zunächst mittels eines ballistischen Galvanometers die Permeabilität des Materials für fünf verschiedene, zwischen $\mathfrak{H} = 10$ und $\mathfrak{H} = 230$ liegende Feldstärken bestimmte. Da derartige Legierungen je nach ihrer chemischen Zusammensetzung infolge einer Abkühlung auf mehr oder weniger tiefe Temperaturen wieder magnetisierbar werden, so wurden die sämtlichen Proben einer etwa halbstündigen Abkühlung auf -40° unterworfen und von neuem bei drei verschiedenen Feldstärken untersucht. Eine merkliche Änderung der meist noch unter 1,5 liegenden Permeabilität durch die Abkühlung ließ sich jedoch nur in seltenen Fällen nachweisen.

Die Anzahl der Prüfungen betrug

für gehärteten Stahl in Stabform	5
" " " " Hufeisenform	8
" Stahlguß, Gußeisen, Walzeisen	35
" Dynamoblech	17
" unmagnetisches Material	43

Außerdem wurde für 4 Dynamoblechproben die Verlustziffer mit dem Epsteinschen Apparat bestimmt und für eine auf einen Holzring gewickelte Kupferspule die Feldkonstante ermittelt.

[illegible] hung [illegible] Unter- [illegible] thoden [illegible] tische [illegible] alien.

Die im vorigen Tätigkeitsbericht erwähnte Untersuchung einer größeren Anzahl verschieden dicker Stäbe aus möglichst abweichendem Material im neuen Joch, welche dazu dienen soll, die Scherungslinien für dieses Joch sowohl bei Anwendung von Klemmbacken, als auch von Kugelkontakten zu ermitteln, wurde fortgeführt.

Außerdem nahm die vom Verbande Deutscher Elektrotechniker angeregte Untersuchung von Dynamoblechen nach dem Wattmeter-Verfahren einen beträchtlichen Teil der Zeit des magnetischen Laboratoriums in Anspruch. Da der von dem genannten Verbande zur Bestimmung des Energieverlustes bei der Ummagnetisierung vorläufig empfohlene Apparat von Epstein in der Handhabung große Vorzüge bietet, aber infolge seiner Anordnung nicht frei von Streuung ist, während ein von Möllinger konstruierter, nur leider einen beträchtlich höheren Materialverbrauch erfordernder Apparat die theoretisch einwandfreie Ringform besitzt, so wurden für drei verschiedene Eisenblechsorten vergleichende Messungen mit den Apparaten von Epstein, Möllinger und mit direkt bewickelten Blechringen bei verschieden hohen Induktionen und verschiedenen Periodenzahlen ausgeführt. Dieselben ergaben, wie zu erwarten war, keine nachweisbaren Differenzen zwischen dem Apparat von

[1]) Gumlich, Schmidt bezw. Soschinski bezw. Rose.

Möllinger und der direkten Bewicklung. Auch die Abweichung der mit dem Epsteinschen Apparat gefundenen Werte von denjenigen, welche die bewickelten Ringe lieferten, ist bis zur Induktion $\mathfrak{B} = 10000$ nicht bedeutend und nimmt erst bei höheren Induktionen stärker zu. Es wurde daher auf der Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Düsseldorf beschlossen, das Provisorium, nach welchem vorläufig der Epsteinsche Apparat zu der wattmetrischen Bestimmung der Verlustziffer dienen soll, zunächst noch weiter bestehen zu lassen und inzwischen auch einen von R. Richter in Wien vorgeschlagenen Apparat, welcher die Prüfung ganzer Blechtafeln gestattet, in den Kreis der Untersuchung zu ziehen.

Die erwähnten wattmetrischen Messungen haben sich hauptsächlich deshalb als besonders schwierig und zeitraubend erwiesen, weil die Belastung der kleinen, zu den Versuchen in der Reichsanstalt verfügbaren eisenlosen Wechselstrommaschine mit den zu untersuchenden Eisenringen bei höheren Induktionen eine starke Verzerrung der bei Leerlauf sinusförmigen Spannungskurven zur Folge hat. Da nun aber zur Bestimmung der erreichten Maximalinduktion die Kenntnis des sogenannten „Formfaktors", d. h. des Verhältnisses zwischen effektiver und mittlerer Spannung, unerläßlich ist, dieser Formfaktor aber sich mit der Kurvenform beträchtlich ändert, so treten zu den eigentlichen wattmetrischen Messungen des Energieverlustes in jedem Fall noch Aufnahmen von Spannungs- bezw. Stromkurven, die mit den vorhandenen Einrichtungen nur sehr schwer hinreichend genau durchzuführen sind.

Ob es möglich sein wird, unter diesen ungünstigen Verhältnissen die Beziehung zwischen dem Verlauf der Wechselstrom-Magnetisierung und der statischen Magnetisierung, welch letztere für die drei Ringe aus verschiedenen Eisensorten bereits bestimmt wurde, einwandsfrei zu ermitteln, wird sich erst nach Beendigung der im Gang befindlichen Versuche entscheiden lassen.

3. Beziehungen der magnetischen Eigenschaften der Materialien zueinander und zum elektrischen Leitvermögen.

Das bei den laufenden Prüfungen gewonnene Zahlenmaterial konnte zur Untersuchung der Beziehungen zwischen verschiedenen magnetischen und elektrischen Eigenschaften (Koerzitivkraft, Remanenz, Maximalpermeabilität, Energievergeudung und elektrischem Leitvermögen) der magnetischen Materialien verwendet werden, die neben der Bestätigung bereits früher bekannter Tatsachen auch einige neue und für die Technik wichtige Resultate ergab. So fand sich eine sehr einfache empirische Beziehung zwischen dem remanenten Magnetismus, der Koerzitivkraft und dem Maximalwert der Permeabilität, welche gestattet, aus zwei dieser Größen die dritte bis auf wenige Prozent genau zu berechnen. Sodann zeigte sich, daß, wenn auch im allgemeinen mit der magnetischen Güte des Materials das elektrische Leitvermögen zuzunehmen pflegt, es trotzdem wohl möglich ist, magnetisch vorzügliche Legierungen mit einem außergewöhnlich geringen elektrischen Leitvermögen herzustellen. Diese auch durch systematische Untersuchungen in England bestätigte Tatsache hat für die Technik insofern eine weitgehende Bedeutung, als die bei den Dynamomaschinen und Transformatoren auftretenden Wirbelstromverluste direkt vom Leitvermögen des verwendeten Eisenbleches abhängen und somit durch die Herstellung eines geeigneten Materials sehr beträchtlich vermindert werden könnten.

Eine diesbezügliche Anregung[1]) hat sowohl bei den elektrotechnischen Firmen als auch bei den Eisenhütten volles Verständnis gefunden und zu Versuchen nach dieser Richtung hin Veranlassung gegeben.

(Schluß folgt.)

[1]) E. Gumlich, Über das Verhältnis der magnetischen Eigenschaften zum elektrischen Leitvermögen magnetischer Materialien. *Elektrotechn. Zeitschr.* **23.** *S. 101. 1902.*

Referate.

Die Unruhe des Bildes im Fernrohr.

Von S. P. Langley. *Amer. Journ. of Science* **15.** *S. 89. 1903.*

Fast jeder, der zum ersten Mal durch ein größeres Fernrohr nach einem Objekt des Himmels blickt, pflegt seiner Verwunderung über die Unruhe des Bildes Ausdruck zu geben. In der Tat ist diese Bildunruhe für den Astronomen von größter Bedeutung, sie erschwert ihm die Beobachtung und beeinträchtigt deren Zuverlässigkeit. Da es die Luft ist, welche das Zittern des Sternbildes verursacht, so hat man in den letzten Jahrzehnten die Sternwarten gern auf hohen Bergen angelegt, um dem Lichtstrahl das Durchdringen der tiefen, dichteren Schichten zu ersparen. Bekanntlich hat man damit auch gute Erfolge erzielt, wenn auch die Bedingungen für scharfes Sehen auf dem Berge nicht immer besser sind als am Fuße. Verf. hat wenigstens auf dem Ätna öfters schlechter definierte Bilder gehabt als am Meeresspiegel. Stark erwärmte Luft tut in der Regel der Güte der Bilder Eintrag; und doch hat Verf. am heißesten Tag, den er in Cambridge während seiner Tätigkeit am *Harvard College* erlebte, eine in weiter Entfernung aufgestellte Mire bei 300-facher Vergrößerung durchaus ruhig im Fernrohr erblickt, während er erwartet hatte, sie kaum erkennen zu können.

Manche Astronomen haben zur Verminderung der Bildunruhe, da sie die äußere Luft nicht beeinflussen konnten, wenigstens die Luft im Fernrohr selbst möglichst in Ruhe zu halten gesucht und zu dem Zweck den Tubus aus schlechtleitendem Material herstellen lassen, ohne jedoch eine erheblichere Verbesserung zu erreichen. Dagegen hat Verf. gerade dadurch Erfolg erzielt, daß er die Luft im horizontalliegenden Rohre eines 40-füßigen, mit einem Zoelostaten versehenen Reflektors durch einen Motor in Bewegung setzte, indem er sie am einen Ende heraussaugen ließ, während zahlreiche längs des Tubus in diesen eingebohrte Löcher das Nachströmen von Luft ermöglichten. Verf. kam auf diese Idee durch die von Henry Draper ihm einst vorgeführte Beobachtung, daß das von einem Schwefelkohlenstoff-Prisma erzeugte Spektrum schärfer sichtbar wurde, wenn er den Inhalt des Prismas in Bewegung brachte.

Aus einer Reihe von photographischen Aufnahmen künstlicher Doppelsterne, bei denen die Luft im Rohr teils in möglichster Ruhe, teils in Bewegung gewesen war, geht auf das deutlichste der günstige Einfluß der Luftbewegung hervor. Mit der Definition von Bildern himmlischer Objekte, z. B. der Sonne, bei der das Wallen des Randes besonders störend empfunden wird, verhält es sich nicht anders. Verf. hatte jedoch noch keine gute Gelegenheit, photographische Aufnahmen solcher Objekte unter den verschiedenen Bedingungen zu machen; visuell fand er den Einfluß bestätigt.

Während also das Zittern des Bildes in nicht unbeträchtlichem Maße durch die Luft im Rohre bedingt ist und auf die angegebene Weise gehoben werden kann, rührt der übrige Teil der Unruhe nach der Ansicht des Verf. der Hauptsache nach von dem nur etwa 50 *m* langen Luftzylinder vor dem Objektive her, zum geringsten Teil aber von der weiter entfernten Luft. Versuche, durch Anbringen eines langen Zylinders nach Art einer Taukappe vor das Objektiv eine Besserung zu erzielen, haben noch nicht erkennen lassen, ob diese Besserung erheblich genug ist, um die dazu nötige umständliche Einrichtung zu verlohnen.

Kn.

Neuere Rechenschieber.

Frühere Mitteilungen fortsetzend (vgl. z. B. *diese Zeitschr.* **20.** *S. 59, 336. 1900;* **21.** *S. 55. 1901*) möchte ich hier kurz auf zwei neue Erscheinungen aufmerksam machen.

Der Taschen-Rechenschieber „Simplex“ von Dennert & Pape sucht für manche Zwecke den logarithmischen Rechenschieber noch bequemer zu machen; er ist gegen das gewöhnliche Modell stark verkürzt, nur 15 *cm* lang (gegen 27 *cm* bei diesem). Im übrigen ist dieser neue Schieber, wenigstens was die Teilungen *A*, *B*, *C*, *D* angeht, eine Wiederholung des gewöhnlichen Schiebers, wobei nur wegen der geringern Teilungslänge weniger Teil-

striche vorhanden sind (zwischen 1 und 2 von 0,05 zu 0,05 gegen 0,02 zu 0,02; zwischen 2 und 5 ist das Intervall 0,1 statt 0,05; zwischen 5 und 10 endlich 0,2 statt 0,1; alles dies gilt für die A/B-Teilungen oben auf Stab/Zunge und Entsprechendes gilt für die C/D-Teilungen auf Zunge/Stab unten). Die Teilungen sind genau im *halben* Maßstab der auf dem gewöhnlichen Rechenschieber vorhandnen gehalten, A/B zweimal $62\frac{1}{2}$ *mm*, also C/D 125 *mm* lang. Diesen Abmessungen entspricht die Genauigkeit der Rechnung, die für den Gebrauch der C/D-Teilungen dieselbe wie für die A/B-Teilungen des gewöhnlichen Schiebers, für A/B am neuen Schieber etwa halb so groß ist wie bei A/B am gewöhnlichen Schieber (etwa, weil außer dem Maßstab der Teilung auch die Entfernung der Teilstriche und der kleinste ablesbare Teil eine Rolle spielt). Für Rechnungen, in denen die Genauigkeit von etwa $1/_{400}$ bis $1/_{500}$ genügt, ist das neue Instrumentchen ein sehr bequem handliches und empfehlenswertes Hülfsmittel.

Der Rechenschieber von Regierungsbauführer Dr.-Ing. Frank in Stuttgart ist in Fig. 1 abgebildet. Er bezweckt, mit Preisgabe der C/D-Teilung des gewöhnlichen Schiebers, die Genauigkeit der Rechnung wesentlich zu erhöhen, ohne die Abmessungen des Schiebers dem gewöhnlichen Modell gegenüber zu vergrößern. Wie die Figur andeutet, ist die Stabteilung S

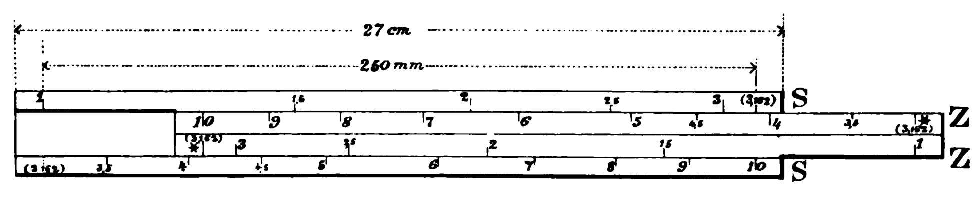


Fig. 1.

und ebenso die damit übereinstimmende Zungenteilung Z in zwei Hälften zerschnitten, die erste von 1 bis 3,1623 ($\log 1 = 0$, $\log 3{,}1623 = 0{,}50000$), die zweite von hier bis 10 (logarithmisch von 0,50000 bis 1,00000) gehend. Die Zungenteilung läuft dabei, bei gerade eingeführter Zunge, der Stabteilung entgegen, beginnt unten rechts und endigt oben links. Die Länge der ganzen Skale S oder Z ist $2 \times 250 = 500$ *mm*. Die Rechnungsregeln für Multiplikation und Division sind nach diesen Andeutungen und nach der Figur leicht einzusehen. Die *Genauigkeit* entspricht der Rechnung mit der C/D-Teilung des 50 *cm*- (nicht nur des 25 *cm*-) Schiebers, ohne daß das Instrument dem meist gebrauchten 25 *cm*-Schieber gegenüber verlängert worden wäre. Dafür ist freilich zu beliebig *zusammengesetzter* Multiplikation und Division und für die *Hauptanwendung* des Rechenschiebers, Ausrechnung von $y = (b/a)\,x$, wo b und a Konstante, x eine *Reihe* von Werten bedeuten, zu denen die y gesucht werden, nicht so bequem und übersichtlich, wie bei dem gewöhnlichen Schieber, auch fehlt hier, wie gesagt, die Quadrat- und Quadratwurzel-Teilung ganz. Wenn es aber auf *Erhöhung der Genauigkeit* bei gewöhnlicher Multiplikation und Division ohne Vergrößerung der Abmessungen des Instruments ankommt, wird der Franksche Schieber gewiß von Vielen gern gebraucht werden.

Mit meinem Exemplar finde ich aus einer größern Zahl von Multiplikationen und Divisionen, deren Ergebnis nachträglich direkt logarithmisch kontrolliert ist, für Multiplikation oder Division von *zwei* Zahlen einen

mittlern Fehler zwischen 0,03 und 0,04 %

des Produkts oder Quotienten bei flüchtiger Rechnung (diese Zahlen würden, wenn man wieder *nur* die Abmessungen in Betracht zieht, an der A/B-Teilung des gewöhnlichen Schiebers 0,12 bis 0,16 % Fehler des Resultats entsprechen). Dabei ist ohne Lupe abgelesen; bei Anwendung der Lupe und langsamerer Arbeit läßt sich die Genauigkeit auf 0,025 % und noch etwas weiter im angeführten Fall steigern. Die Genauigkeit (der Ablesung) leidet an manchen Stellen dadurch ein wenig Not, daß die Teilstriche etwas weit auseinander stehen müssen (keine brauchbare engere Unterteilung daselbst möglich), wie die ersten Teilstriche, die (im Sinn der Teilung) auf 1,50, dann auf 3,00 und endlich auf 7,00 folgen.

Auf der Rückseite der Zunge befindet sich nur die L-Teilung (0 bis 5 und 5 bis 10 mit im ganzen 500 Teilen, von denen also jeder 0,5 *mm* lang ist) zur Potenzierung und Radizierung mit Übergang von der Zahl zum Logarithmus und umgekehrt.

Auch dieser Schieber wird (für Martz in Stuttgart) von Dennert & Pape hergestellt (D.R.G.M. 126499).

Bei beiden Instrumenten, dem vorhin angeführten „Simplex" und diesem Frankschen Schieber besteht der Körper des Stabs nicht ganz aus Holz, sondern aus zwei getrennten seitlichen Holzrähmchen, die nur durch eine Zelluloidplatte zusammengehalten werden. Bei dem kleinen „Simplex" ist dies wohl ohne Bedenken, jedenfalls hat sich mein Exemplar sehr gut gehalten; ob bei dem längern und schwerern Frankschen Schieber die Einrichtung gute Erhaltung der Geradlinigkeit aller Teile, des Gangs u. s. w. verbürgt, wird sich wohl erst zeigen müssen. Dieser Schieber ist erst seit kurzer Zeit in meiner Hand.

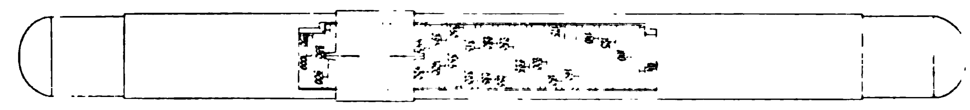


Fig. 2.

Schließen möchte ich diese Notiz mit einer Abbildung der Smithschen Taschen-Rechenwalze (Fig. 2), über die ich eine erste Mitteilung in *dieser Zeitschr.* ***21.*** *S. 56. 1901* gebracht habe. Die Abbildung wird weitere Beschreibung überflüssig machen. An *Bequemlichkeit* der Anwendung kann die Vorrichtung mit handlichen Rechenschiebern nicht konkurrieren.

Hammer.

Spektroskope mit mehrfachem Lichtdurchgang durch die brechenden Prismen und festen Kollimatoren.

Von W. Cassie. *Phil. Mag.* ***3.*** *S. 449. 1902.*

Für *„fixed-arm"*-Spektroskope, bei denen also die Farbenänderung allein durch Bewegung der brechenden Prismen erfolgt, werden vier Anordnungen mitgeteilt, bei denen mit einem oder zwei Prismen eine große Dispersion dadurch erzielt wird, daß ein Strahl dasselbe Prisma wiederholt durchsetzt.

Bei den drei zuerst beschriebenen Formen wird dies dadurch erreicht, daß der Strahl das Prisma mit Hülfe von Spiegelung in verschiedenen Höhen gewissermaßen in einer Zick-Zack-Linie durchläuft. Bei der ersten Form kommen zwei rechtwinklige Prismen (sog. Halbprismen) *I* und *II* zur Verwendung, deren eine an einem Prismenwinkel von 30° anliegende Kathetenfläche versilbert ist, Prismen also, wie sie bei der Abbeschen Methode der Bestimmung des Brechungsexponenten benutzt werden. Jedoch findet hier keine Autokollimation statt, vielmehr fällt das Strahlenbündel, nachdem es von dem einen etwas gegen die Kollimatorachse geneigten Prisma *I* reflektiert ist, auf Prisma *II*, welches oberhalb des Kollimators angebracht ist. Von hier werden die Lichtstrahlen wieder auf *I* geworfen u. s. f., bis sie nach viermaliger Reflexion an *I* und nach dreimaliger an *II* über *I* hinweggehend in das Fernrohr gelangen. Die Änderung der Wellenlänge im Beobachtungsfernrohr wird durch Drehen der Prismen um entgegengesetzt gleiche Winkel erzielt.

Die zweite, in Fig. 1 skizzierte Form benutzt ein gleichseitiges Prisma *C* und zwei ebene Spiegel (*e* und *d*). Vom Kollimator aus geht das Licht durch das Prisma *C*, wird an dem Spiegel *e* reflektiert und durch *C* hindurch auf den über dem Kollimatorobjektiv angebrachten Spiegel *d* geworfen. Nachdem es in dieser Weise noch zweimal zwischen den Spiegeln hin und her gegangen ist, das Prisma also im ganzen *sechs*-mal passiert hat, gelangt es über *C* hinweg in das dem Kollimator gegenüber stehende Beobachtungsfernrohr. Die Erhaltung des Minimum der Ablenkung geschieht in der sonst üblichen Weise, wie aus Fig. 1 ersichtlich ist.

Die dritte Form verwendet wieder zwei Halbprismen, aber ohne Versilberung, und zum Zurückwerfen der Lichtstrahlen ein großes rechtwinkliges Prisma. Da die Anordnung nichts

prinzipiell Neues bietet, sich auch nicht durch besondere Einfachheit auszeichnet, zudem eine geringere Dispersion liefert als die beschriebenen Anordnungen, so soll nicht weiter darauf eingegangen werden.

Alle drei Formen haben gemeinsam den großen Fehler, daß der Achsenstrahl des Kollimators und Fernrohrs nicht in Hauptschnitten der brechenden Prismen verläuft. Eine vollkommene Abbildung ist somit nicht möglich, und doch wird man gerade in den Fällen, wo man große Dispersion braucht, auch auf gute Abbildung Wert legen müssen. Die Vorteile der Anordnungen sollen vermutlich erstens in der Einfachheit der Vorrichtung zur Erhaltung des Minimum und zweitens in einer erheblichen Materialersparnis liegen. Der erstere Vorteil soll zugestanden werden. Die Materialersparnis ist aber nicht beträchtlich, wenn man die Lichtstärke der Objektive ausnutzen will. Denn z. B. bei der in Fig. 1 skizzierten Anordnung muß dann das Prisma etwa dreimal so hoch sein, wie bei einmaligem Durchgang des Lichtes durch das Prisma. Außerdem kommen zwei Silberspiegel hinzu, die aus guten Planparallelgläsern hergestellt sein müssen. Übrigens ist die beschriebene Methode keineswegs neu, sondern nach Kaysers Handbuch der Spektroskopie Bd. I. *S. 522* bereits 1890 von Guglielmo angegeben.

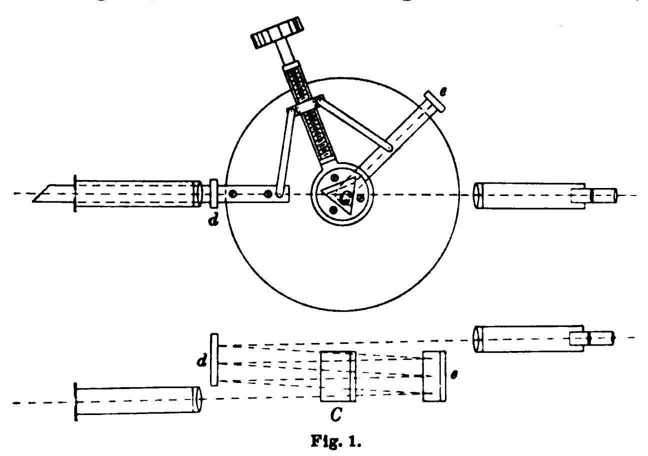


Fig. 1.

Die vierte mitgeteilte Anordnung, welche in Fig. 2 skizziert ist, hat den Hauptfehler der drei vorigen nicht. Der Achenstrahl durchläuft das Prisma im Hauptschnitt. Zum Zurückwerfen des Lichtes dienen drei totalreflektierende Prismen. Die Strahlen gehen von *C* zwischen den rechtwinkligen Prismen *fgh* und *ikl* hindurch, fallen auf das Halbprisma, dessen brechende Kante *ad* ist, werden in dem rechtwinkligen Prisma *ade* zweimal reflektiert, passieren wieder das brechende Prisma, kehren nach Reflexion an den Hypotenusenflächen *fh* und *il* abermals zum brechenden Prisma zurück, bis sie schließlich an der durch *cd* angedeuteten Basis des Prismas vorüber in das Fernrohr gelangen.

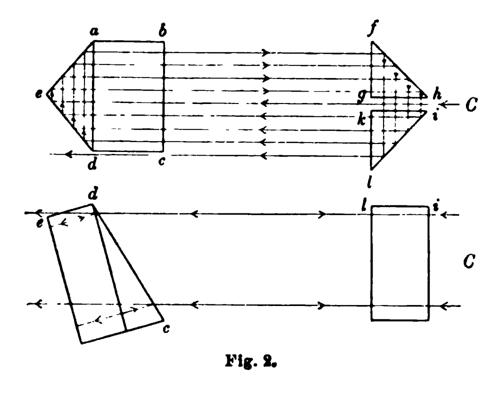


Fig. 2.

Will man auch hier die volle Lichtstärke des Objektivs verwenden, so entspricht der Abstand *hi* dem Durchmesser des Objektivs. Man kommt dann, selbst wenn man die Objektivöffnung sehr gering nimmt (2 bis 3 *cm*), wie leicht ersichtlich, zu sehr bedeutenden, fast unmöglichen Dimensionen des brechenden und der rechtwinkligen Prismen. Von einer Materialersparung ist dann also keine Rede. Der Verf. scheint freilich nach der Skizze nur einen schmalen mittleren Streifen des Objektivs benutzen zu wollen. Aber eine solche Beeinträchtigung der Lichtstärke wird gerade bei großer Dispersion selten zulässig sein.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß eine der angegebenen Spektroskop-Formen unter besonderen Verhältnissen einmal von Vorteil sein kann, im allgemeinen sind sie sicher nicht empfehlenswert. *E. Br.*

Elektrolyse des Silbernitrats.

Von A. Leduc. *Journ. de phys.* **1.** *S. 561. 1902.*

Die elektrolytische Abscheidung des Silbers aus seiner Nitratlösung wird bekanntlich als Maß der Stromstärke benutzt und es ist deshalb von großer Wichtigkeit, zu wissen, ob und inwieweit diese Abscheidung von den Versuchsbedingungen abhängt. Diese Frage ist des öfteren von verschiedenen Beobachtern und z. T. mit widersprechenden Resultaten untersucht worden; die vorliegende Mitteilung des Verf. bildet ebenfalls einen Beitrag hierzu. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, daß der Strom von mehreren Akkumulatoren durch zwei hinter einander geschaltete Silbervoltameter geschickt wurde, deren Ergebnisse dann miteinander verglichen wurden. Die Kathoden waren halbkugelförmige Schalen aus Platin bezw. Silber von 8 bezw. 14 *cm* Durchmesser. Die Anoden wurden aus offenen Glasröhren hergestellt, die am unteren Ende durch Musselin und Filtrierpapier verschlossen waren und mit elektrolytisch hergestelltem Silber angefüllt wurden. Sie tauchten 2 bis 3 *mm* in die Lösung von Silbernitrat ein; ihr Durchmesser war etwa halb so groß als der der Schalen. Die meisten Versuche wurden mit Silbernitratlösung von normaler Konzentration (170 *g* auf das Liter) angestellt, einige aber auch mit Lösungen von 0,5 und 0,2 normal; die Lösungen wurden teils neutral, teils basisch, teils schwach sauer (0,01 bis 0,03 Normalsäure) angewandt. Das Auswaschen des Niederschlags mit kaltem destillierten Wasser wurde so lange fortgesetzt, bis Salzsäure keine Reaktion mehr auf Silber zeigte; getrocknet wurde der Niederschlag im luftleer gemachten Exsikkator während mehrerer Stunden. Die von anderen Beobachtern angegebene Erscheinung, daß das Silber auch ohne Strom aufgelöst wird, fand Verf. bei seinen Versuchen nicht bestätigt, sodaß also danach auch durch länger andauerndes Auswaschen des Niederschlags keine Fehler entstehen können (vgl. hierzu z. B. K. Kahle, *diese Zeitschr.* **18.** *S. 229. 1898*). Verf. untersuchte ferner die Bildung und Zersetzung der Salpetersäure bei der Elektrolyse, den Einfluß von freier Säure, sowie den Einfluß der Temperatur und der Stromdichte. Den Umstand, daß Kahle mit gebrauchten Nitratlösungen größere Niederschläge erhalten hat als mit frischen, glaubt Verf. damit erklären zu können, daß die Lösungen anfangs schwach sauer waren und nachher weniger Säure enthielten (?), wofür auch die Versuche von Rodger und Watson herangezogen werden. Um mit dem Silbervoltameter stets auf etwa $^1/_{10000}$ konstante Resultate zu erhalten, soll man nach der Angabe des Verf. eine anfangs neutrale Nitratlösung von mindestens normaler Konzentration anwenden und mit einer Anodendichte von etwa 0,02 Amp. pro *qcm* bei nicht hoher Temperatur operieren. Verunreinigungen der Nitratlösung, selbst mit erheblichen Mengen Kupfer, sollen die Abscheidung des Silbers nur wenig beeinflussen. *W. J.*

Torsionspermeameter von Carpentier.

L'Électricien **23.** *S. 401. 1902.*

Der zu untersuchende Stab ist 15 *cm* lang, hat 1 *qcm* Querschnitt und ist im Durchmesser eines als Joch dienenden ringförmigen Eisenkörpers von großem Querschnitt angeordnet. Er liegt zwischen zwei Eisenbacken, die von außen gegen denselben gepreßt werden, und ist von einer Magnetisierungsspule umgeben, die aus 2 Wicklungen von je 755 Windungen besteht (vgl. Fig. 1). In einer Diametralebene, die auf der Längsrichtung des Stabes senkrecht steht, ist das Joch durchschnitten; die Schnitte sind durch zwei Messingplatten von je 2 *mm* Breite ausgefüllt. In dem einen dieser Schnitte ist außerdem ein kleines Magnetometer untergebracht. Dasselbe besteht aus einem Messingrahmen und einem kleinen Hufeisenmagneten *m* (Fig. 2), der an einem feinen Silberdraht befestigt ist; durch einen Zeiger *i*, der mit dem beweglichen System verbunden ist, wird die Null-Lage des Magnetes markiert. Diese Null-Lage, bei der die Nord-Süd-Linie des Magnetes in Richtung des Radius des Jochringes fällt, wird mittels des Torsionskopfes *d* eingestellt. Zwei Zeiger *i' i''* an dem Torsionskopf stellen sich über einer ebenfalls drehbaren Skale *c* ein. Dem Apparat ist ein Kasten

beigegeben, der einen Regulierwiderstand, Strommesser und Stromwender für den Magnetisierungsstrom enthält. Der Strommesser ist nach Feldstärken geteilt.

Soll nun die sog. Kommutierungskurve eines Stabes aufgenommen werden, so kommutiert man den Strom nach Einschalten einigemal, bringt dann bei der *einen* Kommutatorstellung durch den Torsionskopf *d* den Zeiger *i* in seine Null-Lage und dreht die Teilung *c*

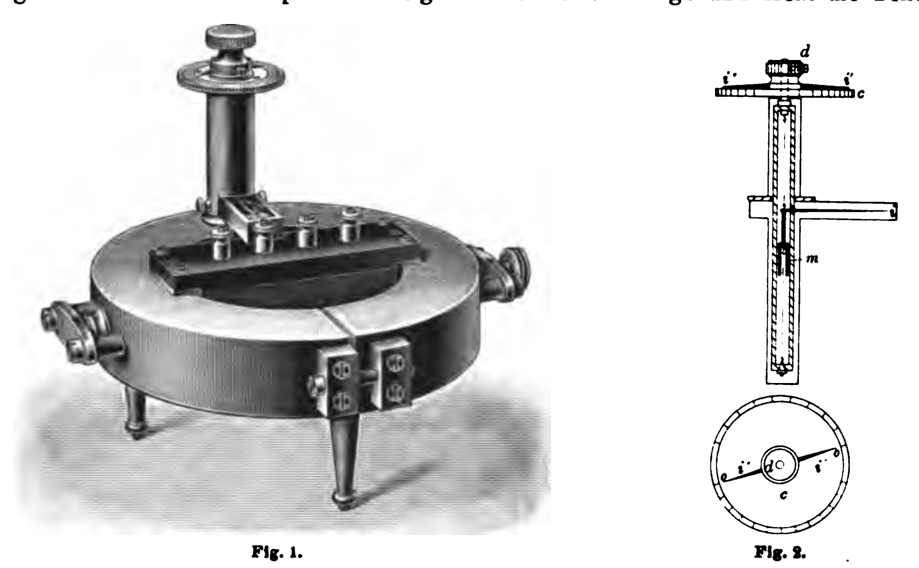


Fig. 1. Fig. 2.

so weit nach, daß die Zeiger des Torsionskopfes auf Null stehen. Darauf wird kommutiert und der Zeiger *i* wieder auf Null gebracht. Dann liest man an *i''* die Größe der Induktion ab, an *i'* eine Korrektion, die man von der Feldstärke abziehen muß. Die letztere Korrektion hat darin ihren Grund, daß ein Teil der Amperewindungen zur Überwindung des magnetischen Widerstandes des Joches verbraucht wird. *E. O.*

Neue magnetische Systeme zum Studium sehr schwacher magnetischer Felder.

Von V. Crémieu und H. Pender. *Compt. rend.* **136.** *S. 607. 1903.*

Die Untersuchung sehr schwacher magnetischer Felder bietet dadurch Schwierigkeiten, daß man die Störungen der stets veränderlichen äußeren Felder, die von derselben Größenordnung sind, wie die zu messenden, ausschließen muß. Die Verfasser benutzen, ähnlich wie bereits in einer früheren Mitteilung beschrieben (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 276. 1901*), einen horizontalen Wagebalken, an dessen einem Ende eine Magnetnadel mit genau vertikal gestellter magnetischer Achse befestigt ist, während das andere Ende ein Gegengewicht aus Messing trägt. Der Wagebalken ist in seiner Mitte an einem Torsionsdraht aufgehängt. Die senkrechte Stellung der magnetischen Achse wird durch Verschieben des Gegengewichtes eingestellt und daran erkannt, daß das Erdfeld keine Wirkung mehr auf das System ausübt, d. h. daß das System jeder Torsion des Aufhängefadens folgt. Um ein schwaches magnetisches Feld mit diesem Apparat zu untersuchen, wird der untere Pol in dasselbe hineingebracht; der Magnet muß also so lang sein, daß der obere Pol der Einwirkung des zu messenden Feldes nicht mehr ausgesetzt ist.

Eins der von den Verfassern angefertigten Systeme wird beschrieben. Der Wagebalken besteht aus einem Glimmerblatt von 100 *mm* Breite und 65 *mm* Höhe, das an einem Silberfaden von 0,025 *mm* Durchmesser und 95 *cm* Länge aufgehängt ist. An dem einen Ende des Glimmerblattes sind 6 zylindrische Magnete von 65 *mm* Länge befestigt; die Magnete wiegen 2,1 *g*; das Gegengewicht ist aus Messing. Die Schwingungsdauer des Systems betrug 65 Sekunden. Ein Feld von 10^{-6} *C.G.S.*-Einheiten gab bei 2 *m* Skalenabstand einen Ausschlag von 68 *mm*. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

A. Baule, Lehrbuch der Vermessungskunde. 2. Aufl. gr. 8°. VIII, 471 S. m. 280 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1902. Geb. 8,80 M.

Das Buch bietet einen Abriß der elementaren Geodäsie, der den Studierenden in die niedere Vermessungskunde einführen und dem Lehrer die Möglichkeit geben soll, das umfangreiche Gebiet zu bewältigen.

Auf den Inhalt des Buchs, soweit er die Ausführung von Messungen und die zugehörigen mathematischen Entwicklungen betrifft (durchaus elementar, obgleich z. B. Teile der Ausgleichungsrechnung mit benutzt werden und die Berechnung ebener rechtwinkliger Koordinaten aus den gegebenen geographischen Koordinaten von Dreieckspunkten gelehrt wird, wobei einfach die fertigen Formeln mitgeteilt sind), ist in dieser Zeitschrift nicht näher einzugehen; es genüge die Bemerkung, daß zwar das Buch der 1. Aufl. gegenüber vielfach gewonnen hat, daß aber immer noch nicht wenige Stellen zu verbessern wären. Es finden sich Fehler und Versehen, deren Zustandekommen schwer verständlich ist; um nur einen anzuführen: *S. 244* ist bei der Horizontalwinkelmessung die Wirkung eines Theodolit-Zentrierungsfehlers von 5 *mm* bei 20 *m* und 100 *m* Länge der zwei Schenkel des zu messenden Winkels im Maximum zu 1′ 2″ und im Minimum zu 42″ angegeben, während doch ganz allgemein beim Exzentrizitäts- (Aufstellungs-) Fehler e und den Winkelschenkellängen a und b dem möglichen absoluten Maximum des Winkelfehlers von

$$e\left(\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right)\cdot\varrho''$$

das mögliche Minimum 0 des Winkelfehlers gegenübersteht, wie ja eine ganz einfache geometrische Überlegung zeigt.

Aber auch im Sinn dieser Zeitschrift, für die Instrumentenkunde, ist wenig zu berichten. Bei der Vorführung der Instrumente hält sich der Verf. an einige wenige allbekannte Typen einzelner guter Werkstätten (Breithaupt, Ertel, Fennel, Tesdorpf u. s. f.). Mit andern Ausführungen des Verf., z. B. bei dem Abschnitt über Federbarometer und ihren Gebrauch, ist Ref. vielfach nicht einverstanden; er will u. a. genügend „für unsere Zwecke", die „Temperaturkonstante" für Naudetsche und für Goldschmidsche Instrumente zu 0,15 Skalenteilen pro 1° C. annehmen, während doch ein solches Instrument Naudetscher Konstruktion von jeher und zumal in unserer Zeit der kompensierten Instrumente nur im Notfall gebraucht wurde und werden wird und die Temperaturkorrektionen der Goldschmid-Hottingerschen Instrumente an sich viel kleiner und keineswegs lineare Funktionen der Temperatur sind. *Hammer.*

A. v. Braunmühl, Vorlesgn. üb. Geschichte der Trigonometrie. 2. Tl. Von der Erfindg. der Logarithmen bis auf die Gegenwart. gr. 8°. XI, 264 S. m. 39 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1903. 10,00 M.

Annuaire *pour l'an 1903, publié par le Bureau des Longitudes. Avec des notes scientifiques.* 12°. XIII, 668 u. 139 S. m. 1 Karte. Paris 1903. 1,50 M.

J. Orlandi, *Nouvelles Tables tachéométriques centésimales et sexagesimales pour calculer les distances réduites à l'horizon, les différences de niveau, etc.* 12°. Paris 1903. 7,00 M.

J. Langlebert, *Physique.* 57. Ausgabe. 8°. Mit 466 Fig. Paris 1902. 4,00 M.

C. Sarazin, *Cours d'Électricité théorique et pratique, professé à l'école nationale d'arts et métiers d'Angers.* 2. Ausgabe. gr. 8°. 952 S. m. 705 Fig. Paris 1902. 17,00 M.

A. Becker, Kristalloptik. Eine ausführl. elementare Darstellg. aller wesentl. Erscheingn., welche die Kristalle in der Optik darbieten, nebst e. histor. Entwickelg. der Theorie des Lichts. gr. 8°. X, 362 S. m. 106 Fig. Stuttgart, F. Encke 1903. 8,00 M.; geb. in Leinw. 9,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. Landolt, Vorsitzender, Prof. Dr. A. Westphal, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. E. Abbe, Dr. H. Krüss.

Redaktion: Prof. Dr. St. Lindeck in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **Juni 1903.** Sechstes Heft.

Über ein neues Protuberanzen-Spektroskop.

Von

Prof. Dr. **A. Wolfer** in Zürich.

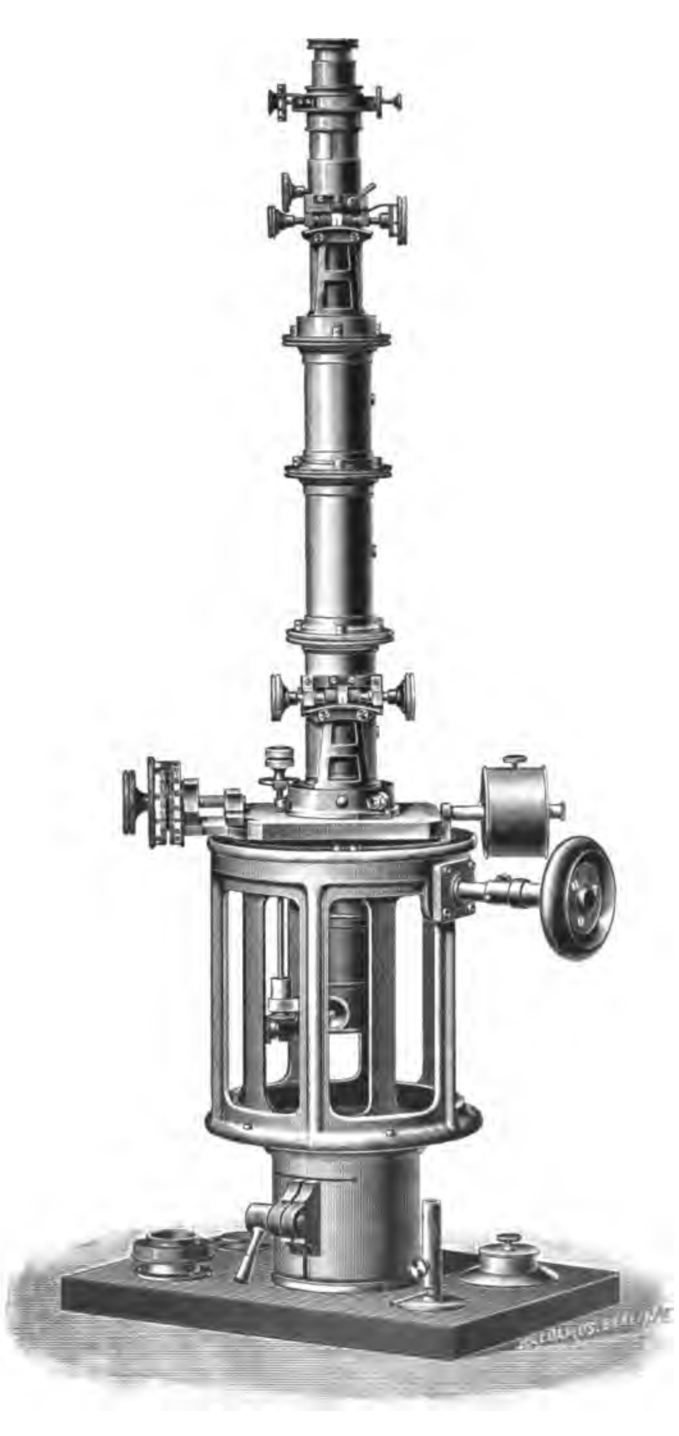
Das kürzlich in der mechanischen Werkstätte von Otto Toepfer & Sohn in Potsdam für die Zürcher Sternwarte ausgeführte Protuberanzen-Spektroskop vereinigt hinsichtlich der Anordnung seiner mechanischen Bestandteile verschiedene Vorzüge und Bequemlichkeiten, die bei älteren Konstruktionen zum Teil nur vereinzelt und getrennt zu finden waren, zum Teil noch ganz fehlten, und deren Verbindung der genannten Firma in einfacher und zweckmäßiger Weise gelungen ist.

In optischer Hinsicht unterscheidet sich das Instrument nicht wesentlich von den gebräuchlichen geradsichtigen Prismenapparaten; das Hauptgewicht ist wie immer auf starke Dispersion gelegt und diese durch Verbindung von drei Prismensätzen zu je 5 bezw. 3 Prismen soweit gesteigert, daß sie auch bei ziemlich starkem atmosphärischem Spektrum noch ausreichendes Öffnen des Spaltes erlaubt. Die Ersetzung der Prismen durch ein Gitter würde die bekannten Vorteile bieten und sich mit der hier getroffenen mechanischen Anordnung ohne Schwierigkeiten vereinigen lassen; indessen ist für den Beobachter die Handhabung des Prismenapparates, solange er geradsichtig ist, doch wohl die bequemere.

Die mechanischen Teile sind so konstruiert, daß alle bei der Beobachtung von Protuberanzen vorkommenden Manipulationen: das Einstellen und Festhalten des Sonnenrandes am Spalte, das Aufsuchen der Protuberanzen sowohl bei tangentialem als radialem Spalte, der momentane Übergang von der einen dieser Spaltstellungen zur andern, die Messung der Positionswinkel und Höhen der Protuberanzen am primären Fokalbild der Sonne ausschließlich durch Bewegungsvorrichtungen am Spektralapparat selbst bewerkstelligt werden können, ohne einen Eingriff in die Stellung des Refraktors notwendig zu machen, an dem das Instrument angebracht ist und dessen Uhrwerksbewegung das Fokalbild der Sonne in unveränderter Lage zur optischen Achse des Refraktors erhält. Dies ist dadurch erreicht worden, daß man dem eigentlichen optischen Teil des Instrumentes: Kollimator samt Spalt — Prismensystem — Fernrohr, drei voneinander unabhängige Bewegungen erteilte, nämlich 1) die freie Drehung im Positionswinkel, 2) eine Verschiebung parallel zur Kollimatorachse, 3) eine von den beiden vorigen unabhängige, genau 90° betragende Drehung um die Kollimatorachse.

Die feste Verbindung zwischen Spektroskop und Refraktor wird durch ein nach allen Seiten offenes Gehäuse gebildet, das mittels eines starken, teilweise aufgeschnittenen und zusammenklemmbaren Stulpes auf das Zugrohr des Refraktors aufgeschoben werden kann. In ihm dreht sich ein zweites, ganz ähnliches durch konischen

Zahnkranz und ebensolchen Trieb, auf welch letzterem der in der beigegebenen Abbildung rechts sichtbare Handgriff sitzt. Die dem Okular zugekehrte Stirnseite des äußern Gehäuses trägt den Positionskreis, die des innern den zugehörigen Index; ein im Stulp angebrachter Ausschnitt, der in eine entsprechende Führungsleiste am Zugrohr paßt, erhält den Polpunkt des Positionskreises konstant.



Auf die Stirnfläche des innnern Gehäuses ist eine starke Schlittenführung aufgesetzt; die darin laufende Schlittenplatte trägt das eigentliche Spektroskop und dieses erhält durch eine kräftige Mikrometerschraube (in der Figur links) die Bewegung 2), parallel zur Kollimatorachse. Zwei neben einander auf der Schraubenachse sitzende Trommeln messen die Größe der Bewegung; Schraube, Lager und Trommeln sind durch ein gegenüberliegendes Gewicht ausbalanciert. Steht das Sonnenbild zentrisch zur Refraktorachse und entfernt man durch die Schlittenbewegung die Kollimatorachse um den Radius des Fokalbildes der Sonne von jener, so genügt, wenn das Sonnenbild durch die Uhrwerksbewegung festgehalten wird, die einfache Drehung im Positionswinkel, um den Spalt ununterbrochen tangential am Sonnenrande herumzuführen. Die erforderliche Schlittenstellung bezw. Trommelablesung wird leicht gefunden, indem man den Spalt, nachdem er zunächst annähernd um den Radius des Fokalbildes exzentrisch gestellt wurde, mit dem Sonnenrand in Berührung bringt, dann mittels der Positionswinkeldrehung an den gegenüber liegenden Rand führt und die etwa auftretende Abweichung zwischen Spalt und Sonnenrand zur Hälfte an der Schlittenbewegung, zur Hälfte an der Stellung des Sonnenbildes mittels der Feinbewegung des Refraktors korrigiert. Die zugehörige Ablesung ist im Laufe

des Jahres etwas veränderlich und wird zweckmäßig mit dem Datum in eine kleine Tabelle gebracht.

Die Schlittenbewegung kann aber zugleich bequem zur Messung der Protuberanzenhöhen dienen, indem man an der Stelle, wo eine Protuberanz steht, den tangential und eng gestellten Spalt erst mit dem Sonnenrande, wo die Umkehrung der für die Beobachtung benutzten Spektrallinie eintritt, hernach mit der Spitze der Protuberanz in Berührung bringt und die hierbei ausgeführte Bewegung an den Schraubentrommeln abliest. Den Winkelwert der Schraube bestimmt man am einfachsten und sichersten aus der Brennweite des Refraktorobjektives und der Ganghöhe der Schraube. Vorausgesetzt ist bei dieser Art der Messung, daß zwischen den beiden Einstellungen das Sonnenbild seinen Ort gegenüber der Refraktorachse nicht verändere, sondern durch die Uhrwerksbewegung genau festgehalten werde; unmittelbar aufeinander folgende Vor- und Rückwärtsmessung gibt hierüber leicht Sicherheit. Das nicht unbedeutende Gewicht, das die Schraube zu bewegen hat, und der Umstand, daß wegen der notwendigen Verstellbarkeit des Prismenrohres gegen den Kollimator die Schlittenplatte nicht völlig auf den Schwerpunkt des bewegten Teiles verlegt werden konnte, geben der Schraube allerdings einen wesentlich größeren Widerstand zu überwinden, als er bei Mikrometerapparaten sonst für zulässig gilt; indessen ist trotz der beträchtlichen Reibung die Bewegung an dem vorliegenden Instrumente äußerst leicht und sicher. Der Erfolg hat bewiesen, daß dieses Verfahren, Protuberanzenhöhen zu messen, den sonst gebräuchlichen an Genauigkeit mindestens gleichkommt, an Leichtigkeit der Ausführung aber alle übertrifft.

Der Wechsel zwischen tangentialer und radialer Spaltstellung, wie er unter anderem bei gewissen Methoden der Höhenmessung und bei Beobachtung von Linienverzerrungen im Protuberanzspektrum notwendig wird, läßt sich am neuen Instrument jeden Augenblick mit Leichtigkeit ausführen und erfordert weder eine Veränderung der Einstellung am Positionskreis, noch eine Verstellung des Refraktors. Der Kollimator und mit ihm die übrigen optischen Teile sind zu diesem Zwecke in einem am Schlitten befestigten zylindrischen Rohr, das eine vollkommen sichere Führung gibt, um 90° drehbar. Um die genaue Drehung von 90° abzugrenzen, ist der Kollimator dicht über der Schlittenplatte mit einer Nase versehen, die gegen zwei auf 90° Abstand justierbare Anschlagstifte stößt; sie ist in der Figur verdeckt, man bemerkt aber rechts vorn über dem Schlitten den einen der beiden Anschläge.

Der Spalt ist so eingerichtet, daß seine Backen sowohl gleichzeitig und zur Kollimatorachse symmetrisch, als auch einseitig verschoben werden können. Für Protuberanzbeobachtungen, wo die eine Spaltbacke beständig mit dem Sonnenrand in Berührung bleiben muß, kommt die letztere Bewegung allein in Betracht. Das Öffnen und Schließen des Spaltes geschieht durch eine Mikrometerschraube, deren Drehung mittels zweier Kegelräder und eines durch die Stirnfläche des innern Gehäuses hindurchgeführten Schlüssels von der Okularseite her bewerkstelligt wird; der in der Figur über der Schlittenplatte rechts von der Schieberschraube sichtbare Griff des Schlüssels trägt eine kleine Scheibe mit Teilung zur Ablesung der Spaltweite. Damit jedoch beim Übergang von tangentialer zu radialer Spaltstellung dieser Schlüssel die Drehbewegung des Kollimators nicht hindert, ist der Schlitten an dieser Stelle auf einen Bogen von 90° und in einer dem Schlüsseldurchmesser entsprechenden Breite ausgeschnitten. Unmittelbar hinter dem Spalt, gegen die Okularseite hin, befindet sich ein zweiter zu ihm senkrechter, der zur Veränderung der Breite des Spektrums dient; seine Backen werden gleichzeitig und symmetrisch bewegt mittels einer

Schraube, deren Griff dicht beim Spalt liegt und in der Figur zum Teil durch die mittlere Speiche des Gehäuses verdeckt ist. Die Öffnungen der beiden Gehäuse bieten der Hand des Beobachters genügend Raum, zu dieser Schraube zu gelangen, wie überhaupt der ganze Spaltmechanismus von außen bequem zugänglich und sichtbar ist, damit man direkt jede beliebige Stelle des Sonnenbildes auf den Spalt bringen kann.

Die übrigen Teile des Instrumentes weichen von der gewöhnlichen Anordnung nicht wesentlich ab. Fernrohr, Prismensystem und Kollimator sind behufs Einstellung der verschiedenen Teile des Spektrums gegen einander beweglich mit Hülfe zweier Schrauben ohne Ende, die in entsprechende Gewindesektoren mit identischen Gradteilungen eingreifen. Die am Fernrohr befindliche Schraube kann nach Lösen eines kleinen Klemmhebels außer Eingriff mit ihrem Sektor gebracht und das Fernrohr alsdann rasch über das Spektrum hin geführt werden. Die gleiche Schraube ist zudem mit Trommel und Index versehen, also für Messungen im Spektrum verwendbar; zum selben Zwecke dient auch ein am Okular befindliches Spitzenmikrometer älterer Herkunft. Trotz der gegenseitigen Beweglichkeit aller drei Teile, Kollimator, Prismenrohr und Fernrohr, ist deren relative Lage in jeder einzelnen Stellung eine durchaus stabile; die Drehungen erfolgen nicht, wie in frühern Konstruktionen, um Spitzenschrauben, sondern um starke zylindrische Zapfen, und an die Enden je zweier zusammenstoßenden Teile sind Gleitflächen in der Form konzentrischer Kugelsegmente angeschliffen. Gewindesektoren, Schrauben und Schraubenlager sind sehr kräftig konstruiert und mit den beweglichen Teilen in bestmögliche Verbindung gebracht. Die zwar unschädlichen, aber doch manchmal unbequemen Verschiebungen des Spektrums im Gesichtsfelde des Fernrohres beim Drehen im Positionswinkel sind in der Tat kaum merklich.

Das Instrument ermöglicht ein äußerst rasches und leichtes Arbeiten und deshalb die Ausnützung jeder, auch der kürzesten Beobachtungsgelegenheit; die seit September 1902 auf der hiesigen Sternwarte damit fortgesetzten Beobachtungen haben seine Vorzüge gegenüber den früher benutzten Apparaten von Anfang an und seither in wachsendem Maße zur Geltung gebracht.

Über einen einfachen Spektralapparat für Kopien von Beugungsgittern.

Von
Dr. **Hans Lehmann** in München.

(Mitteilung aus der optisch-astronomischen Werkstätte von C. A. Steinheil Söhne.)

Nachdem sich nach dem Tode Rowlands bisher niemand gefunden hat, der die Herstellung seiner berühmten Beugungsgitter fortzusetzen imstande gewesen wäre, bringt seit einiger Zeit Thorp Kopien guter Rowlandscher Gitter in den Handel, welche, wenigstens in der ersten Ordnung, recht gute Spektren zeigen. Da nun diese Gitter noch den Vorzug großer Billigkeit besitzen, so unternahmen wir es, einen Spektralapparat zu konstruieren, der trotz seiner Einfachheit genaue Messungen und auch photographische Aufnahmen des durch diese Thorpschen Gitter erzeugten Beugungsspektrums ermöglicht.

Die Fig. 1 und 2 zeigen diesen Apparat, der in zwei Größen ausgeführt wird, mit 200 bezw. 150 *mm* Brennweite der Objektive und der Helligkeit 1 : 5.

Die einzelnen Teile des Apparates sind auf einem stabilen gußeisernen Stativ mit Stellschrauben montiert. Das Kollimatorrohr C ist mittels der Stütze S unbeweglich an dem lichtdichten Gitterkasten B befestigt. Eine mit Teilung versehene Trommel gestattet die Messung der Breite des Spaltes Sp. In dem Kasten B befindet

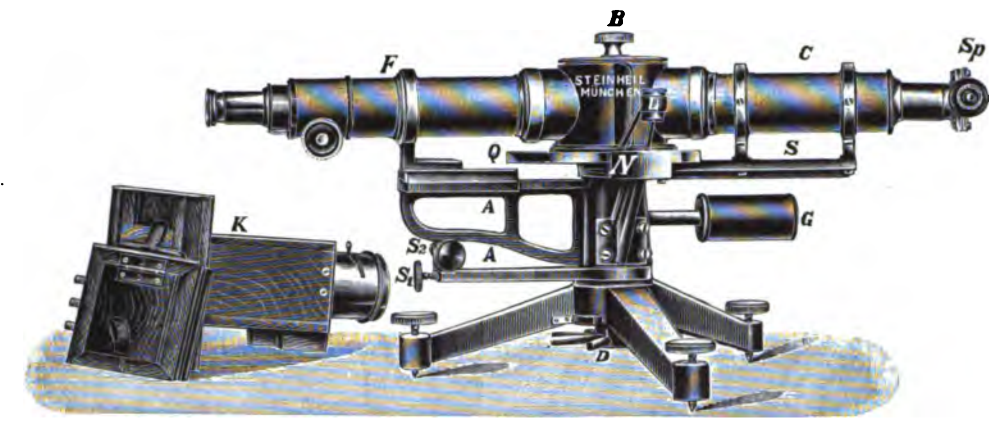


Fig. 1.

sich zur Aufnahme des Gitters eine mit Hülfe der Vorrichtung D drehbare Scheibe, deren Neigung gegen die Drehungsachse durch Zug- und Druckschrauben justiert werden kann. An der anderen Seite des Gitterkastens setzt sich lichtdicht das Fernrohr F an, dessen Drehung um die konische Stativachse durch den Arm A

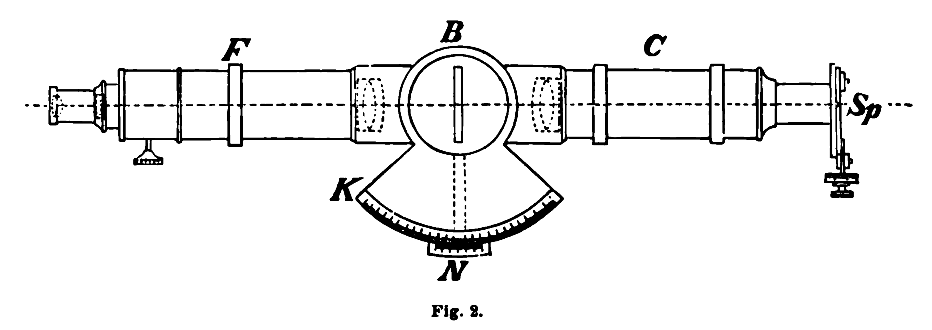


Fig. 2.

ermöglicht wird. S_1 und S_2 sind die Klemmschraube bezw. die Schraube zur Feinverstellung. Durch das Gewicht G wird das Fernrohr ausbalanciert. Unterhalb des Gitterkastens ist am Stativ ein in 10′ geteilter Quadrant Q (K in Fig. 2) befestigt, an dem der mit Lupe L ablesbare Nonius N gleitet. Letzterer gestattet eine Ablesung von 10″. Der Quadrant ist so angebracht, daß man die Spektren I. und II. Ordnung beobachten und gegebenenfalls das Gitter durch ein Prisma ersetzen kann.

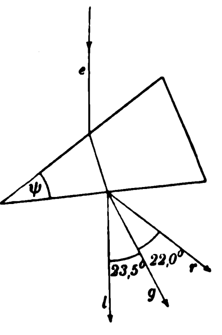


Fig. 3.

Thorp bringt ferner eine hübsche Anwendung seiner Gitterkopien in den Handel: Prismen, auf deren einer Fläche die Gitterkopie angebracht ist, mit den Strichen parallel zur brechenden Kante. Der brechende Winkel ψ des Primas wird dann so gewählt, daß das Prisma für das Spektrum einer bestimmten Ordnung geradsichtig wird.

So zeigt z. B. Fig. 3 ein solches Prisma, das für ein Spektrum I. Ordnung geradsichtig ist. e ist der einfallende Strahl, l der gebeugte Strahl I. Ordnung links,

g der gebrochene Strahl und r der gebeugte Strahl I. Ordnung rechts. Auch Gitter dieser Art können bei dem beschriebenen Spektralapparat mit Erfolg verwendet werden; nur ist in diesem Falle bei den Messungen die Verquickung von Dispersion des Prismas und Beugung des Gitters zu beachten, welche beide Faktoren sich in jedem Falle addieren, gleichviel, ob man das Licht von der Gitter- oder Glasseite einfallen läßt. Aus diesem Grunde wird man die mit einem derartigen Gitterprisma ausgeführten Messungen am besten mit Hülfe von empirischen Interpolationsformeln, wie z. B. der Cauchyschen oder noch besser der Hartmannschen Formel, reduzieren, oder man führt die Messungen im Minimum der Ablenkung aus. Wesentlich einfacher gestalten sich die Messungen mit Thorps Gitterkopien auf Planparallelplatten. Mit Vorteil wird man sich hier der Methode des Minimums der Ablenkung bedienen, nach welcher die Wellenlänge aus der Formel

$$m\lambda = 2k \sin\frac{\delta}{2}$$

ermittelt wird, worin m die Ordnungszahl des Spektrums, λ die Wellenlänge der Spektrallinien, k die Gitterkonstante und δ der Winkel der kleinsten Ablenkung ist. Die Einstellungen geschehen dabei in genau derselben Weise wie bei Messungen im prismatischen Spektrum. Man ermittelt hierbei den doppelten Ablenkungswinkel 2δ durch Messung der Spektrallinie in symmetrischen Ordnungen, aber nur der vierte Teil dieses Winkels geht in obige Formel ein und somit auch nur der vierte Teil der fortschreitenden Teilungs- und der subjektiven Ablesungsfehler. Auch wird nach dieser Methode ein etwa vorhandener prismatischer Fehler des Gitters eliminiert, welcher bei mangelhaftem Planparallelismus des Gitters auftritt und die Dispersion in dem Sinne beeinflußt, wie es oben bei den Gitterprismen erwähnt wurde.

Mit welcher Genauigkeit man absolute Wellenlängenbestimmungen mit einem Apparat beschriebener Konstruktion ausführen kann, zeige folgendes Beispiel. Nach sorgfältiger Justierung der einzelnen Teile des Apparates (Einstellung des Spaltes in den Brennpunkt des Kollimatorobjektives, Stellung des Gitters senkrecht zur optischen Achse u. s. w.) wurde die Konstante k des Gitters durch Messung der kleinsten Ablenkungswinkel δ für bekannte λ aus obiger Formel nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt. Es ergab sich aus 10 Beobachtungen der Wert

$$\log k = 7{,}243096\,.$$

Der mittlere Fehler der einzelnen Beobachtung von k (der Entfernung zweier Gitterstriche voneinander) betrug dabei $\pm 1{,}46$ Ångström-Einheiten. Daraus folgt für eine mittlere Wellenlänge ein Messungsfehler von

$$\pm\ 0{,}4\ \text{Å}\,,$$

was durch die folgende Kontrollmessung bestätigt wurde.

Will man das Spektrum photographieren, so wechselt man das Fernrohr F mit der Kamera K aus (Fig. 1).

Fernrohr- und Kollimatorobjektiv sind in der Achse sphärisch und chromatisch vollkommen korrigierte, astronomische Objektive mit gehobener Sinusbedingung, während das Kameraobjektiv ein Aplanat ist, welche Objektivart bis zu einem Bildwinkel von 10° für optische und chemische Strahlen vollkommen chromatisch, sphärisch und astigmatisch korrigiert ist und vollständig ebene Bilder liefert. Da die Dispersion der Spektren I. Ordnung der gebräuchlichen Gitter 10° nicht übersteigt, so reicht ein Aplanat vollständig aus.

Fraunhofersche Linie		$\frac{\delta}{2}$	λ beobachtet	λ Müller und Kempf[1])	Δ	Δ^2
I. Ordnung	C	10° 48′ 25,0″	6563,39	6563,14	+ 0,25	625
	D_1	9 41 47,5	5895,91	5896,25	— 0,34	1156
	D_2	9 41 18,8	5891,05	5890,30	+ 0,75	5625
	b_1	8 30 57,5	5183,75	5183,93	— 0,18	324
	b_2	8 29 55,0	5173,18	5172,87	+ 0,31	961
	F	7 58 56,3	4860,95	4861,60	— 0,65	4225
	H_1	6 30 35,0	3968,54	3968,75	— 0,11	121
II. Ordnung	b_1	17 13 45,0	5183,39	5183,93	+ 0,17	1296
	b_2	17 11 32,5	5172,87	5172,87	+ 0,52	2704
	F	16 7 32,5	4861,24	4861,60	— 0,36	289
						$\Sigma \Delta^2 = 17326$

$$\text{m. F.} = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{17\,326}{9}} \pm 0{,}44 \text{ Å}.$$

Zum Schluß will ich noch aus meinen Untersuchungen über Thorps Gitterkopien ein praktisches Ergebnis mitteilen. Ein Thorp-Gitter mit 14520 Linien auf den englischen Zoll oder 573,63 Strichen pro Millimeter (welche sich übrigens unter dem Mikroskop als recht regelmäßige Linien mit nur wenigen Unterbrechungen erwiesen), zeigte in der I. Ordnung bei einer 65-fachen Vergrößerung des Beobachtungsfernrohres in der b-Gruppe des Sonnenspektrums zwischen b_1 und b_2 8 feine Linien, zwischen D_1 und D_2 7 Linien. Von den „Geistern“ war auch in den höheren Ordnungen nichts zu bemerken. Gitter, welche ein derartiges Auflösungsvermögen schon in der I. Ordnung zeigen, kann man nur als gut bezeichnen.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1902.

(Fortsetzung von S. 157.)

III. Arbeiten, betreffend Wärme- und Druckmessungen.

1. Übersicht über die laufenden Arbeiten[2]).

Die nachfolgende Übersicht enthält die im Jahre 1902 ausgeführten laufenden Prüfungsarbeiten:

18 444 Thermometer,
150 Zähigkeitsmesser,
125 Petroleumprober,
10 Siedeapparate für Mineralöle,
13 Federmanometer,
34 Barometer,
496 Thermoelemente,
6 Indikatorfedern,
1 417 Legierungsringe.

Außerdem wurden untersucht
6 Senkaräometer,
1 Thermograph,
1 Flutmesser,

---

[1]) Müller und Kempf, Bestimmung der Wellenlängen von 300 Linien im Sonnenspektrum. *Publ. d. Astrophys. Observ. z. Potsdam* **5**. *Nr. 20. 1886.*

[2]) Wiebe, Grützmacher, Rothe, Möller, Schwirkus, Hebe.

1 Graphitpyrometer,
1 Quarzthermometer,
3 Zeigergalvanometer für thermoelektrische Zwecke,
1 Pyrometerofen,
2 Gaskocher,
1 Heizkörper,
8 Sorten Petroleum auf Entflammbarkeit und andere Eigenschaften,
6 Kohlenwasserstoffe auf ihren Erstarrungspunkt in tiefen Temperaturen,
2 Metallproben auf Schmelzpunkt.

Die zur Prüfung eingegangenen Thermometer verteilen sich auf die verschiedenen Gattungen folgendermaßen:

16 243 ärztliche Thermometer,
8 Zeigerthermometer nach Immisch,
411 feinere Thermometer mit Korrektionsangabe in 0,01°, geprüft in Temperaturen bis 100°,
1 087 Thermometer mit Korrektionsangabe in 0,1°, geprüft wie vorher,
45 Tiefseethermometer,
16 Tiefseeumkippthermometer,
238 Thermometer für Temperaturen bis 300°,
247 hochgradige Thermometer für Temperaturen über 300° bis 575°,
89 Siedethermometer für Höhenbestimmungen,
23 Thermometer für Temperaturen unter 0° (darunter 18 Thermometer bis —190°),
37 Beckmannsche Thermometer,

zusammen 18 444 Thermometer.

Von diesen waren 2425 Stück wegen Nichteinhaltung der Prüfungsbestimmungen unzulässig, 275 gingen beschädigt ein, 70 sind während der Prüfung beschädigt worden. Im ganzen sind demnach 2770 Stück = 15 % von den zur Prüfung eingereichten Thermometern zurückgewiesen worden, was gegen das Vorjahr eine Abnahme von 5,6 % ausmacht, ein erfreuliches Zeichen für die Hebung der Thermometerfabrikation.

a) Ärztliche Thermometer[1]).

Die Anzahl der ärztlichen Thermometer hat gegen das Vorjahr, das einen besonders niedrigen Stand zeigte, um 4400 zugenommen. Über die prozentualen Veränderungen in der Beschaffenheit der seit Einführung der neuen Prüfungsbestimmungen (April 1898) eingereichten ärztlichen Thermometer gibt nachstehende Übersicht Auskunft.

Jahr	Gesamtzahl	davon waren		
		zulässig %	unzulässig %	fehlerfrei %
1898	14 858	72	28	30
1899	17 088	81	19	34
1900	15 053	80	20	39
1901	11 859	78	22	38
1902	16 243	84	16	42

Neben der Abnahme der unzulässigen Thermometer zeigt sich eine andauernde Zunahme der bei der Prüfung als fehlerfrei befundenen Thermometer.

b) Thermometer für wissenschaftliche und meteorologische Zwecke[2]).

Diese Thermometerprüfungen haben sich nahezu auf ihrer Höhe erhalten. Als neue Instrumente zur Tiefseeforschung sind Umkippthermometer mit besonderem Fadenthermometer zur nachträglichen Korrektion des Fadens hinzugetreten; die Kältethermometer haben an Zahl ziemlich zugenommen, indem 18 solche Thermometer mit Temperaturangaben bis

[1]) Hebe.
[2]) Grützmacher.

— 200° [1]) geprüft wurden. Die Zahl der Beckmannschen Thermometer hat sich gegen das Vorjahr nahezu verdreifacht.

Die Angelegenheit der Ausmerzung der Réaumur-Skale hat ihren Fortgang genommen. Seitens des Reichsschatzamts sind Maßregeln getroffen, um die ausschließliche Benutzung des hundertteiligen Thermometers auf dem Gebiete der Branntweinsteuer-Ausführungsbestimmungen herbeizuführen oder, soweit sie die Revision der Meßuhren berühren, in die Wege geleitet.

Der Verein Deutscher Glasinstrumenten-Fabrikanten hat sein Bedenken gegen die gänzliche Ausschließung der Réaumur-Thermometer von der amtlichen Prüfung fallen gelassen und wollte nach Beschlußfassung auf seiner letzten Hauptversammlung auch seinerseits weitere Schritte zur internationalen Einführung des hundertteiligen Thermometers unternehmen.

2. Thermometer-Prüfungsstellen unter Kontrolle der Reichsanstalt [2]).

Sowohl die Großherzoglich Sächsische Prüfungsanstalt zu Ilmenau wie auch die Gehlberger Prüfungsstelle sind einer Revision unterzogen worden. Letztere gelegentlich des in Gehlberg tagenden Glasbläsertags.

Die Anzahl der im Jahre 1902 in Ilmenau geprüften Thermometer betrug rund 42000.

In Gehlberg ist ein neuer Eichamtsvorsteher, Herr Dr. Roerdansz, nach voraufgegangener informatorischer Beschäftigung in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt eingetreten.

3. Arbeitsnormale für die Reichsanstalt [3]).

Die im vorigen Bericht als „fertig kalibriert“ erwähnten 3 Normalthermometer (2 bis — 35°, 1 bis + 300°) sind nach Ausführung der Gradwertbestimmungen, Kontrollvergleichungen und Aufstellung von Fehlertafeln in Gebrauch genommen. Dasselbe gilt von 2 alten Hauptnormalen aus Glas 16^{III}, deren Umhüllungsrohre beschädigt und durch neue ersetzt worden waren.

Ferner wurden aus Glas 59^{III} 2 neue Hauptnormal-Stabthermometer von 0° bis 100° und ein Einschlußthermometer von 0° bis 50° als Ersatz für ein durch Beschädigung unbrauchbar gewordenes beschafft. Die Röhren hierzu wurden dem vor 3 Jahren aus Jena bezogenen Glasvorrat entnommen. Leider sind die Röhren so wenig kalibrisch, daß aus 17 etwa 1,5 *m* langen Stabkapillaren nur 3 Röhren und aus 11 feinen Kapillaren nur wenige kurze Enden als für Hauptnormale einigermaßen brauchbar herausgefunden wurden. Diese drei Hauptnormale befinden sich z. Zt. in Jena zur Auskühlung.

4. Hochgradige Thermometer [4]).

Unter den 392 hochgradigen Thermometern, die zur Prüfung eingingen, befanden sich 163 Stück für Temperaturen bis 300° und 247 für Temperaturen über 300° bis 575°. Davon waren 46 Stück = 11% unzulässig und zwar 21 wegen Überschreitung der Fehlergrenze, 22 aus äußern Gründen und nur 3 wegen nicht genügenden Alterns, während im vorigen Jahre 44 Stück aus letzterem Grunde ausgeschlossen werden mußten. Wie auf dem letzten Glasbläsertag (in Gehlberg) berichtet worden ist, wird von dem Anerbieten der Firma Schott & Genossen, das Auskühlen der Thermometer gegen eine sehr mäßige Gebühr in ihren Kühlöfen für die Fabrikanten vorzunehmen, jetzt ein ausgedehnter Gebrauch gemacht, sodaß die genannte Firma sich zur Einrichtung eines besonderen Kühlofens für die Thermometer bereit erklärt hat.

Die zu den laufenden Prüfungen der hochgradigen Thermometer benutzten Einschlußnormale wurden mit einzelnen Hauptfäden nachkalibriert; auch wurden die Gradwerte dieser Thermometer kontrolliert.

Von den für die luftthermometrischen Arbeiten bestimmten 8 Normalthermometern wurden nach ihrem Altern und Neueinstellen 7 Stück (1 Stück war bei der Neueinstellung zerbrochen) mit den zu den laufenden Prüfungen benutzten 3 Normalen Nr. 77, 823, 1963 in den Temperaturen von 200° bis 500° von 10° zu 10° verglichen.

---

[1]) Vgl. 6c) *S. 175.*

[2]) Wiebe.

[3]) Grützmacher.

[4]) Möller.

Die übrigen für die luftthermometrischen Arbeiten bestimmten 8 Hauptnormale, von denen 6 Stück fundamental bestimmbar sind, wurden kalibriert und sollen nach ihrer Gradwertbestimmung dem Fabrikanten zur Auffüllung mit komprimiertem Stickstoff übergeben werden.

5. Weitere Untersuchungen von Normalthermometern[1]).

Die Ausdehnung der Skalengläser wurde an den von Wiebe benutzten 4 Instrumenten bei den Temperaturen 200° und 300° untersucht, wobei sich ergeben hat, daß die Ausdehnungsunterschiede zwischen den Skalen- und den Thermometergläsern (16^{III} und 59^{III}) nahezu proportional der Temperatur wachsen.

Die Untersuchungen mit den Normal- und Versuchsthermometern aus den neuen Jenaer Gläsern 335^{III} und 477^{III} sind weitergeführt, insbesondere um festzustellen, welchen Einfluß die Auskühlung auf die thermischen Eigenschaften ausübt. Zu diesem Zwecke sind 6 Versuchsthermometer entleert, dann im Kühlofen in Jena ausgekühlt, wieder mit Quecksilber gefüllt und nun von neuem einer, noch nicht abgeschlossenen, Untersuchung unterzogen worden.

6. Elektrische Temperaturmessungen[2]).

Mittels elektrischer Hülfsmittel wurden geprüft

475 Le Chateliersche Thermoelemente,
21 Thermoelemente aus Konstantandraht und Eisen- bezw. Kupferdraht,
1 Graphitpyrometer bis 900°,
2 Zeigergalvanometer für thermoelektrische Zwecke,
2 Flüssigkeitsthermometer mit Petrolätherfüllung,
16 Flüssigkeitsthermometer mit technischem Pentan gefüllt,
2 Proben Kupfer und Antimon auf ihren Schmelzpunkt,
6 Kohlenwasserstoffe auf ihren Erstarrungspunkt in tiefen Temperaturen,
1 Stäbchen aus einem Leiter zweiter Klasse auf die Abhängigkeit seines Widerstandes von der Temperatur,
2 Drahtproben auf thermoelektrische Eigenschaften,
1 Thermometer aus geschmolzenem Quarz.

a) Le Chateliersche Thermoelemente.

Von den angeführten geprüften Elementen entstammten 448 den von der Firma W. C. Heraeus in Hanau zur Prüfung eingesandten Drahtvorräten, die übrigen waren teils einzeln eingereicht, teils einem von der Firma G. Siebert in Hanau eingereichten Drahtvorrat entnommen.

Um über die im Betriebe befindlichen Le Chatelierschen Thermoelemente Erfahrungen zu sammeln, wurde an eine Reihe physikalischer und chemischer Laboratorien, chemischer und keramischer Fabriken, Gasanstalten, Eisengießereien u. s. w. die Aufforderung gerichtet, die im Betriebe befindlichen, vor längerer Zeit amtlich geprüften Thermoelemente zu einer Nachprüfung einzusenden und gleichzeitig die beim Gebrauch der Elemente und zugehörigen Meßapparate gesammelten Erfahrungen an der Hand eines Fragebogens der Reichsanstalt mitzuteilen. Von den in Frage kommenden Elementen waren bis zum Schluß dieses Berichts 13 Stück mit folgendem Ergebnis nachgeprüft worden.

Lfd. Nr.	Verwendungsart des Thermoelements	Jahr der ersten Prüfung	Ergebnis der Nachprüfung	Bemerkungen
1	in den Feuergasen von Dampfkesselheizungen	1896	bei 1100° um 8° niedriger	Lötstelle wiederholt erneuert; vor Flammengasen nicht geschützt.
2	in Heizkanälen von Koksöfen und Kesseln	1897	die Thermokraft ist bei 1000° um 17° niedriger	Die Schenkel des Elements sind wiederholt verkürzt, die Lötstelle erneuert worden.

[1]) Wiebe, Möller.
[2]) Lindeck, Rothe.

Lfd. Nr.	Verwendungsart des Thermoelements	Jahr der ersten Prüfung	Ergebnis der Nachprüfung	Bemerkungen
3	in den Füchsen von Dampfkesseln	1898	unverändert	—
4	"	"	"	—
5	"	"	"	—
6	in den Heizzügen von Öfen	1898	bei 800° um 6° höher	Wie bei Nr. 1.
7	in Vergasungsöfen	1899	unverändert	—
8	in Retortenöfen	1899	"	—
9	in elektrisch geheizten Porzellanröhren	1900	bei 1100° um 6° niedriger	Die Thermokraft des Drahtvorrats, dem das Element entstammt, ist etwa 10 % höher als der normale Wert.
10	in Fletscheröfen	1900	unverändert	—
11	in Muffelöfen	1900	"	—
12	in elektrisch geheizten Porzellanröhren	1901	"	—
13	in elektrisch geheiztem Schmelzofen	1901	"	—

Daraus ist ersichtlich, daß selbst nach jahrelangem Gebrauch der Elemente nicht solche Änderungen in der Thermokraft zu befürchten sind, welche die in technischen Betrieben gewöhnlich verlangte Genauigkeit beeinträchtigen.

Hingegen fehlt es offenbar noch — wie die in den erwähnten Fragebogen niedergelegten Erfahrungen zeigen — an einer für den technischen Gebrauch geeigneten Montierung der Elemente. Mangelhafte Haltbarkeit der Montierung, Unempfindlichkeit des montierten Elements gegen schnelle Temperaturänderungen und ähnliche Störungen sind vielfach der Anlaß gewesen, aus welchem von der Verwendung Le Chatelierscher Thermoelemente wieder abgesehen wurde. Es wird daher erforderlich sein, der Frage nach einer geeigneten Montierung der Elemente näher zu treten. Zu dem Zweck sollen einerseits in der Reichsanstalt selbst Vergleichungen montierter Elemente ausgeführt werden, wozu bereits ein größerer, elektrisch heizbarer Röhrenofen erbaut wurde, andererseits sind Beobachtungen an den im Betriebe befindlichen Elementen in Aussicht genommen.

b) Thermoelemente für tiefere Temperaturen.

Die geprüften 21 Thermoelemente aus Konstantandraht und Kupfer- bezw. Eisendraht entstammen fast alle dem von der Firma Siemens & Halske in Berlin eingereichten Drahtvorrat. Die Prüfung erstreckte sich auf ein Temperaturintervall von — 195° bis + 600°.

c) Flüssigkeitsthermometer für tiefe Temperaturen[1].

Die Anzahl der zu prüfenden Flüssigkeitsthermometer für sehr tiefe Temperaturen hat sich vergrößert, nachdem durch die Verwendbarkeit des käuflichen „technischen Pentans" als Füllflüssigkeit die Herstellung dieser Thermometer (Anh. Nr. 30) beträchtlich erleichtert ist. Außer den erwähnten bereits geprüften 16 Stück liegen 12 weitere zur Prüfung vor.

Die in der Veröffentlichung mitgeteilte Ausdehnungsformel für das „technische Pentan" ist inzwischen mit andern Dilatometern und einer andern, ebenfalls von Kahlbaum bezogenen Probe kontrolliert worden. Dabei ergab sich eine Übereinstimmung bis auf 0,4% zwischen den beiden Proben, woraus folgt, daß ein kalibrisches, nach der veröffentlichten Ausdehnungsformel geteiltes Thermometer bei — 200° bis auf etwa 1° richtig ist. Diese Übereinstimmung ist insofern von Wichtigkeit, als den Fabrikanten Mittel zur Erzeugung so tiefer Temperaturen selten zur Verfügung stehen, die Herstellung der Skale also durch

[1]) Rothe.

Rechnung erfolgen muß. Veränderungen an den wiederholt mit Thermoelementen und Platinwiderständen verglichenen Thermometern sind bis jetzt nicht beobachtet worden.

d) Platinthermometer.

Zu den vorhandenen sind zwei Platinwiderstandsthermometer hinzugekommen, welche mit Trockenvorrichtung versehen sind, und deren Zuleitungsklemmen, zur Vermeidung veränderlicher Thermoströme, in eine Metallhülse eingeschlossen sind. Der Anschluß der Platinthermometer in tiefen Temperaturen an die Skale der Abteilung I steht in Kürze bevor.

7. Prüfungsapparate für thermometrische Vergleichungen[1].

Für die thermometrischen Prüfungsarbeiten sind z. T. neue Prüfungsapparate beschafft oder die vorhandenen verbessert worden (Anh. Nr. 31 u. 46).

So wurde für die Prüfung der hochgradigen Thermometer ein dem kleinen, von Rothe beschriebenen Thermostaten ähnlicher Apparat von größeren Abmessungen und mit doppelten Metallgefäßen in der Werkstatt in Bestellung gegeben.

Bei den Prüfungsarbeiten im Salpeterapparat zeigte sich, daß die Thermometer aus Glas 59^{III} vom geschmolzenen Salpeter bei sehr langer Einwirkung infolge entstandenen freien Alkalis stark angegriffen werden; besonders stark scheint die Wirkung bei Vorhandensein von Eisenrost zu sein, der sich durch die Einwirkung des Salpeters und durch die Reibung des Rührwerks bildet.

8. Manometer und Barometer[2].

Es wurden 13 Manometer geprüft, darunter 7 Stück zwischen 100 und 500 *kg/qcm*, 5 Stück zwischen 0 und 20 *kg/qcm*, 1 Stück bis 50 *kg/qcm*.

Sehr gute Ergebnisse lieferte die Untersuchung einer der Kgl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt gehörigen Stückrathschen Druckwage, an welcher, um den Reibungseinfluß zu beseitigen, eine Vorrichtung zum Drehen des Stempels angebracht worden war. Diese Wage wurde sowohl mit dem Quecksilbermanometer verglichen, wie mit einer anderen Druckwage, bei welcher eine solche Rotiervorrichtung noch nicht vorhanden ist.

Während bei einfach gleitendem Stempel (also ohne Rotieren und ohne Klopfen) die Unterschiede zwischen den Einstellungen bei Belastung und Entlastung (gemessen an Federmanometern) an beiden Wagen bei Drucken von etwa 400 *kg* bis zu 7 *kg* betragen, erreichen diese Unterschiede bei der Wage mit rotierendem Stempel nur 0,2 *kg* bei 400 *kg/qcm* und steigen an der Wage ohne diese Einrichtung trotz Klopfen auf 1,6 *kg*, wie nachstehende Zusammenstellung ergibt.

Wage der m.-t. V.

Unterschiede zwischen Belastung und Entlastung.

	mit Rotieren	ohne Rotieren
bei 100 *kg*	0,02 *kg*	2,05 *kg*
„ 200 „	0,02 „	2,64 „
„ 300 „	0,10 „	3,67 „
„ 400 „	0,19 „	6,82 „

Wage der P. T. R.

	mit Klopfen	ohne Klopfen
bei 100 *kg*	0,11 *kg*	1,84 *kg*
„ 200 „	0,26 „	2,94 „
„ 300 „	0,67 „	4,83 „
„ 400 „	1,57 „	7,17 „

Durch die drehende Bewegung des Stempels sind demnach die Reibungseinflüsse gegen die gleitende Bewegung auf etwa $^1/_{35}$ und gegen die klopfende Bewegung auf etwa $^1/_8$ verkleinert worden.

Die Vergleichung der beiden Druckwagen miteinander hat Übereinstimmung von 0,1 bis 0,2 *kg* bis 300 *kg/qcm* und von 0,5 *kg* bei 400 *kg/qcm* ergeben.

Das im Laufe der Jahre stark verunreinigte Quecksilbermanometer wurde gereinigt und nach einigen Abänderungen, z. B. bei den untern Kappen, für die eine andere, leichter

---

[1]) Grützmacher, Rothe, Möller.

[2]) Wiebe, Hebe.

zu dichtende Form gewählt worden ist, wieder zusammengesetzt. Leider zeigte sich in mehreren Röhren abermals ein Ansatz, sodaß das Instrument wieder auseinander genommen werden mußte.

An Barometern wurden 34 Stück (32 Aneroide und 2 Quecksilberbarometer) geprüft; eins der Quecksilberbarometer ist bis 600 *mm* abwärts verglichen worden.

9. Apparate zur Prüfung des Erdöls [1]).

Es wurden geprüft

150 Zähigkeitsmesser,
125 Petroleumprober,
10 Siedeapparate für Mineralöle,

zusammen 285 Apparate für Untersuchung der Erdöle, von denen 4 Zähigkeitsmesser, 14 Petroleumprober und 3 Siedeapparate als unzulässig zurückgewiesen wurden.

Petroleum-untersuchungen [2]).

Acht Sorten Petroleum wurden untersucht, davon ein russisches und ein galizisches auf Entflammung, Dichte und Leuchtkraft (letztere im optischen Laboratorium). Bei fünf anderen Sorten sind Dichte, Zähigkeit, Entflammung sowie die Destillationsprodukte bestimmt worden, die achte Sorte wurde nur auf Zähigkeit untersucht.

10. Schmelzkörper für Dampfkessel-Sicherheitsapparate [3]).

Es unterlagen der Prüfung

1303 Legierungsringe mit Schmelzpunkten zwischen 105° und 120°,
114 „ „ „ „ 170° „ 171°.

Neue Schmelzpfropfen für Blacksche Dampfpfeifen sind nicht eingegangen.

11. Indikatorfedern [4]).

Es wurden nur zwei Federn für Ammoniak-Indikatoren geprüft. Die Zurückhaltung der Prüfungsanträge dürfte sich daraus erklären, daß im Verein deutscher Ingenieure Verhandlungen gepflogen werden, um ein einheitliches Prüfungsverfahren für Indikatoren herbeizuführen.

Im Anschluß an die im Dezember 1901 in der Fabrik von Dreyer, Rosenkranz & Droop in Hannover angestellten Versuche sind im Laufe des verflossenen Sommers umfangreiche Untersuchungen über die Temperatur des Federraums und der Feder selbst mit Quecksilberthermometern und Thermoelementen angestellt und der Einfluß der Temperatur auf den Federmaßstab ermittelt worden (Anh. Nr. 29).

Auch bei den Beratungen der Indikatorfederkommission des Berliner Bezirksvereins deutscher Ingenieure sind die von den Hrn. Wiebe und Schwirkus vorgetragenen Ergebnisse der von der Reichsanstalt ausgeführten Untersuchungen zur Geltung gekommen.

12. Sonstige Arbeiten [5]).

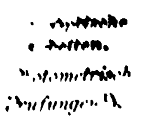
Es wurden geprüft 6 Senkaräometer auf ihre Masse und Einsinktemperatur, 2 Gaskocher auf Gasverbrauch und Heizwirkung und 1 Heizkörper für Niederdruck-Dampfheizung auf Oberflächentemperatur, Wärmeabgabe und Dampfverbrauch.

Mit dem Hempelschen Kalorimeter sind Verbrennungsversuche und Wasserwertbestimmungen durch Verbrennung von Normalsubstanzen (wie chemisch reiner Zucker, Kohlenstoff, Naphtalin u. s. w.) ausgeführt und deren Werte durch Bestimmung des Wasserwerts auf elektrischem Wege durch Zuführung von Stromwärme (im Anschluß an die bezüglichen Versuche in Abteilung I) kontrolliert worden.

Gelegentlich einer Prüfung von technischen Thermometern mit Papierskalen wurde auch untersucht, welchen Einfluß die Temperatur auf die mit dem verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt veränderlichen Skalenlängen ausübt. Es ergab sich, daß vor ihrem Einsetzen gut ausgetrocknete Papierskalen (in oben zugeschmolzenen Thermometern) für technische Zwecke selbst in Temperaturen etwas über 100° noch gut brauchbar sind (Anh. Nr. 45).

---

[1]) Schwirkus.
[2]) Wiebe, Schwirkus.
[3]) Schwirkus.
[4]) Wiebe, Schwirkus.
[5]) Wiebe, Grützmacher, Möller, Schwirkus, Hebe.



Die im Berichtsjahre ausgeführten photometrischen Prüfungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

135 beglaubigte Hefner-Lampen, davon
 57 mit Visier,
 47 mit optischem Flammenmesser,
 15 mit Visier und optischem Flammenmesser,
 10 mit optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr,
 6 mit Visier, optischem Flammenmesser und Ersatzdochtrohr;
228 elektrische Glühlampen mit Kohlenfäden, davon
 62 in Dauerprüfung mit im ganzen 19 270 Brennstunden;
74 Nernst-Lampen, davon
 64 in Dauerprüfung mit im ganzen 10 952 Brennstunden;
4 Bogenlampen;
2 Bogenlampenkohlen;
118 Gasglühlichtapparate, davon
 87 in Dauerprüfung mit im ganzen 50 500 Brennstunden;
4 Intensivlampen für Gasglühlicht;
1 Gasglühlichtbrenner besonderer Konstruktion
7 Zylinder für Gasglühlicht;
3 Regulierdüsen für Gasglühlicht;
3 Petroleumglühlichtlampen;
11 Petroleumproben;
4 Zusatzstoffe für Petroleum;
10 Spiritusglühlichtlampen;
1 Öllampe;
13 Kerzen;
2 Karburationsapparate;
3 Gasdruckregulatoren;
7 Glasversilberungen auf Lichtabsorption.

Unter den geprüften elektrischen Glühlampen mit Kohlenfäden war am günstigsten eine Sorte zu 120 Volt und etwa 0,4 Amp. Bei ihr stieg der Verbrauch, berechnet auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke, von 3,1 Watt am Anfang der Brennzeit nur bis zu 3,9 Watt nach 500 Stunden.

Die von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft eingesandten Nernst-Lampen brannten sämtlich mit 220 Volt. Die Lampen zu 1 Amp. und $^1/_2$ Amp. verbrauchten im Durchschnitt zu Anfang der Prüfung 2,2 Watt, nach 350 Brennstunden 2,6 Watt auf 1 HK mittlere räumliche Lichtstärke. Bei den Lampen zu 0,25 Amp. waren die entsprechenden Zahlen 2,6 Watt und 3,1 Watt. Ungünstigere Ergebnisse hatte die Prüfung der von anderer Seite eingesandten Nernst-Lampen.

Diese für die Nernst-Lampen angeführten Zahlen beziehen sich auf nackte Lampen. Für Lampen mit den dazu gelieferten Milch- oder Opalglasglocken würden die Werte um etwa 10 % ungünstiger sein.

Unter den geprüften Bogenlampen waren einige mit farbigem Lichtbogen. Diese ergaben zwar eine sehr günstige Ökonomie, brannten aber unruhig. Die geprüften Lampen mit eingeschlossenem Lichtbogen erwiesen sich als unökonomischer und brannten unruhiger als die üblichen Bogenlampen mit offenem Lichtbogen.

Unter den Gasglühkörperprüfungen war in diesem Jahre eine Anzahl mit besonders hoher Brenndauer (2000 bis 3000 Brennstunden). Die Prüfungen zeigten, daß die Glühkörperfabrikation weitere Fortschritte gemacht hat. Von verschiedenen Seiten wurden Glühkörper eingesandt, deren Lichtstärke sich während der ganzen Brenndauer sehr wenig änderte.

[1]) Brodhun, Liebenthal.

Bei einer Sorte nahm die Lichtstärke bis zu 200 Brennstunden um 7 % zu und hielt sich sodann bis zu 2000 Brennstunden konstant. Dabei betrug der stündliche Gasverbrauch berechnet auf 1 HK mittlere horizontale Lichtstärke 1,3 bis 1,4 Liter.

2. Prüfung von Saccharimetern[1]).

Bei den früheren Bestimmungen des Temperaturkoeffizienten der spezifischen Drehung des Zuckers für Natriumlicht und die hellsten Linien der Quecksilberlampe wurden zwei 50 und 58 *cm* lange Wasserbadröhren benutzt. Bei beiden besteht die eigentliche Beobachtungsröhre aus Glas, der Mantel für die Wasserumspülung aus Messing. Hauptsächlich um gewisse Nachteile zu beseitigen, welche sich aus der Verwendung dieser verschiedenartigen Materialien ergaben, wurden zwei Wasserbadröhren aus einheitlichem Material beschafft, und zwar ein 51 *cm* langes Glasrohr und ein 56 *cm* langes, innen vergoldetes und außen vernickeltes Kupferrohr. Die Versuche mit diesen neuen Rohren sind im Gange.

3. Prüfung von Quarzplatten[2])

Die für die Untersuchung von Quarzplatten auf ihre Güte, d. h. auf optische Reinheit, Planparallelismus und Achsenfehler getroffenen Einrichtungen sind veröffentlicht worden (Anh. Nr. 36).

Während des Jahres 1902 wurden 37 Saccharimeter-Quarzplatten zur Prüfung eingesandt, von denen 2 wegen nicht genügender optischer Reinheit für saccharimetrische Zwecke nicht geeignet waren. Auch eine verhältnismäßig sehr große, zur Prüfung eingelieferte Quarzplatte von 13 *mm* Dicke und 42 *mm* Durchmesser erwies sich als optisch unrein.

4. Dioptrische Prüfungen[3]).

Es wurde ein zur Prüfung eingesandtes Theodolit-Fernrohr auf seine Leistungsfähigkeit untersucht.

5. Metalloptische Untersuchungen[4]).

Über die in die Berichtszeit fallenden Untersuchungen über das Reflexionsvermögen von Metallen, sowie über das Absorptionsvermögen ultravioletter, sichtbarer und ultraroter Strahlen in dünnen Metallschichten liegen Veröffentlichungen vor (Anh. Nr. 34 u. 35).

V. Chemische Arbeiten.

1. Glasprüfung[5]).

Vorversuche für eine von der gegebenen Oberfläche unabhängige Prüfung von Glassorten mit Eosin führten zu dem Ergebnis, daß Bruchflächen aus ätherischer Eosinlösung mehr Eosin aufnehmen als Flächen, welche durch Blasen entstanden sind. Die Ursache davon ist vielleicht großenteils in dem Verdampfen von Alkali bei dem Formen des Glases zu suchen.

2. Industriegläser[6]).

In der Glasindustrie tritt fortgesetzt das Bestreben hervor, leicht schmelzbare Gläser von großer chemischer Widerstandsfähigkeit zu erzeugen. Bisweilen sucht man dies dadurch zu erreichen, daß man die geblasenen Gegenstände nachträglich sauren Kühlgasen aussetzt, welche alkalientziehend wirken. Mehrfach vorgenommene Prüfungen ließen aber erkennen, daß die so durchgeführte Verbesserung der Oberflächenschicht gewöhnlich nicht nachhaltig ist.

3. Quarzgefäße[7]).

Sehr beachtenswert ist die von den Firmen Heraeus und Siebert & Kühn unternommene Einführung von Röhren und geblasenen Gegenständen aus Quarz. Über die chemische Widerstandsfähigkeit derselben und ihre Anwendung im Laboratorium ist eine systematische Untersuchung begonnen worden.

4. Analytische Bestimmung der Borsäure[8]).

Die zunehmende Bedeutung der Borsäure für die Glasindustrie machte Versuche über die direkte Bestimmung des Bors im Glase notwendig, welche für äußerst schwierig gilt. Die chemische Fällung oder die Extraktion der aufgeschlossenen Glasmassen mit Äther versagt für den Zweck. Dagegen gewährt die Destillation mit Methylalkohol nach erfolgter Extraktion ein wirksames Mittel, um die Borsäure als flüchtigen Methylester von den überschüssigen Salzmassen zu trennen.

---

[1]) Schönrock.
[2]) Brodhun, Schönrock.
[3]) Brodhun.
[4]) Hagen, Rubens.
[5]) Mylius.
[6]) Meusser.
[7]) Mylius.
[8]) Meusser.

5. Borwasserstoff[1]).

Im Anschluß an die vorerwähnte Frage wurde eine orientierende Untersuchung über den hypothetischen Borwasserstoff vorgenommen. Die Existenz einer solchen Verbindung im Gaszustande ist zuzugeben. Dieselbe liefert bei dem Erhitzen im Glasrohr braune Borspiegel und zersetzt Silbernitratlösung; Oxydationsmittel führen sie in Borsäure über. Die Isolierung des Borwasserstoffs im Zustande der Reinheit ist aber infolge seiner großen Zersetzbarkeit überaus schwierig. Als Ausgangsmaterial hatte das schwer definierbare Bormagnesium gedient, welches im Zustande der Reinheit wohl reicher an Bor ist als der angenommenen Formel Mg_3B_2 entspricht. Nach Kenntnisnahme der neuerlichen Versuche von Ramsay und Hatfield (*Proc. Chem. Soc.* ***17.*** *S. 152. 1901*), welche verschiedene Arten von Borwasserstoff annehmen, wurden die Versuche unterbrochen.

6. Löslichkeit der Salze, Übersättigungserscheinungen, Kristallwasser u. s. w.

A. Metallchlorate[2]).

Über die zum Abschluß gebrachte Untersuchung „die Löslichkeit der Metallchlorate“ liegt eine gedruckte Mitteilung vor (Anh. Nr. 37).

B. Molybdänsäure[3]).

Die frühere Arbeit über die Zustände der Molybdänsäure wurde fortgesetzt, besonders mit Rücksicht auf die praktische Anwendung der Substanz zur Bestimmung der Phosphorsäure.

Von den mannigfachen Niederschlägen, welche in der gebräuchlichen, als übersättigt zu betrachtenden salpetersauren Lösung von Ammoniummolybdat freiwillig auftreten können, ist das schwer lösliche Hydrat $MoO_3 + 2H_2O$ besonders wichtig, weil es im Gegensatz zu allen anderen farblosen Modifikationen der Molybdänsäure gelb gefärbt und gleich dem sehr ähnlichen bekannten Phosphatniederschlage vermutlich von komplexer Zusammensetzung ist. Eine ausführliche Untersuchung der Löslichkeit aller Formen der Molybdänsäure ist in Aussicht genommen; bis jetzt wurde festgestellt, daß in den Salzlösungen das gelbe Hydrat unter dem Einfluß der Salpetersäure durch eine chemische Reaktion von geringer Geschwindigkeit gebildet wird, und daß es bei dem Lösen in Wasser farblose kolloidale Molybdänsäure ergibt, welche durch Konzentrieren nicht wieder in das schwer lösliche gelbe Hydrat umzubilden ist; dasselbe kann durch Zusatz von Salpetersäure aber zur Abscheidung gebracht werden.

Dem farblosen, schwer löslichen Ammoniumsalz $2NH_3(MoO_3)_8 + 14H_2O$, welches dem gelben Hydrat im Molybdängehalt nahesteht, wurde besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Das Kristallwasser ist hier wie bei vielen analogen Salzen auf die Existenz wasserhaltiger Molybdänsäure-Radikale zurückzuführen, entsprechend den früher nachgewiesenen wasserhaltigen Radikalen der Tellursäure. Die bekannten Modifikationen der Molybdänsäure sind jedoch eher der wasserärmeren Allotellursäure an die Seite zu stellen, während eine wasserreichere, der kristallisierten Tellursäure entsprechende Form der Molybdänsäure zwar vorübergehend wahrnehmbar, aber nicht dauernd haltbar ist.

C. Borsäure und Phosphorsäure[4]).

Sowohl Borsäure H_3BO_3 als Metaborsäure HBO_2 können aus Lösungen in Essigsäure kristallisiert erhalten werden; die Bestimmung der mit der Temperatur zunehmenden Löslichkeiten läßt zwei getrennte Kurven erwarten, während bei der Berührung mit Wasser nur H_3BO_3 beständig ist.

Essigsäureanhydrid wirkt auf Borsäure wasserentziehend ein unter Bildung zweier verschiedener kristallisierter, mit Wasser zersetzbarer Azetylverbindungen.

Bei der Erwärmung der Lösung von Borsäure in Essigsäureanhydrid mit Phosphorsäure erhält man schwer lösliche Verbindungen beider Säuren, welche sich von dem bekannten Borphosphat BPO_4 durch ihre Unbeständigkeit gegen Wasser unterscheiden.

D. Saure Salze der Ameisensäure[5]).

Sowohl die neutralen als die sauren Alkalisalze der Ameisensäure und ihre Gleichgewichtszustände gegenüber Wasser und Ameisensäure wurden eingehend studiert. Das Natriumformiat tritt wie das Azetat als Trihydrat, sowie als Dihydrat auf, das Lithiumformiat als Monohydrat; das Kaliumformiat sowie alle sauren Alkaliformiate sind wasserfrei. Die

---

[1]) Mylius, Meusser.
[2]) Meusser.
[3]) Mylius, Groschuff.
[4]) Mylius.
[5]) Groschuff.

letzteren stellen Biformiate der Zusammensetzung $M^I CHO_2 + CH_2O_2$ dar, welche durch Erwärmen in die erwähnten Komponenten spaltbar sind.

Die Auffassung der sauren Formiate als Additionsverbindungen von neutralem Salz mit freier Säure erscheint vom Standpunkte der Strukturchemie ebenso verständlich wie die Bildung einer hypothetischen bimolekularen Ameisensäure, deren Existenz nach Bineau durch die Dichte der vergasten Substanz angedeutet ist.

E. Schwerlösliche Salze[1]).

Aus dem Leitvermögen ist die Löslichkeit folgender Salze im Wasser bestimmt worden, die nach der Reihenfolge des Leitvermögens ihrer gesättigten Lösungen bei 18° (0,002 bis etwa 2000) angeordnet sind, als Bodenkörper nach Form und Wassergehalt die bei 18° stabilen Kristalle angenommen. An allen Körpern wurde zugleich der Einfluß der Temperatur auf die Löslichkeit gemessen.

AgJ, $AgBr$, $PbCrO_4$, ($CuCSN$), HgJ_2, $AgCl$, $HgCl$, PbC_2O_4, (CuJ), $PbCO_3$, $BaSO_4$, $BaCrO_4$, $Pb(JO_3)_2$, ZnC_2O_4, CaC_2O_4, $AgJO_3$, $SrCO_3$, Ag_2CrO_4, TlJ, $BaCO_3$, $Ag_2C_2O_4$, CdC_2O_4, $CaCO_3$, $PbSO_4$, CaF_2, SrC_2O_4, BaC_2O_4, $SrSO_4$, SrF_2, $TlBr$, MgC_2O_4, MgF_2, PbF_2, $MgCO_3$, $TlCl$, BaF_2, $CaSO_4$.

F. Magnesiumoxalat[2]).

Interessant verhält sich das Magnesiumoxalat. Einerseits erfolgt die Sättigung seiner Lösung beispiellos langsam. Als Gegenstück dazu konnte eine 40-fach übersättigte (etwa $^1/_5$ normale) Lösung hergestellt werden, deren Ausscheidung so träge geschah, daß man bequem eine Verdünnungsreihe beobachten konnte. Das Salz unterscheidet sich in Lösung von allen andern bekannten durch den vielfach stärkeren Abfall seines Äquivalent-Leitvermögens mit wachsender Konzentration. Mit diesem Verhalten hängt wohl auch die Trägheit aller Vorgänge — nach mehreren Wochen war die übersättigte Lösung noch nicht ganz in ihr Gleichgewicht zurückgekehrt — zusammen. Wahrscheinlich liegt eine ungewöhnlich starke Polymerisation in Lösung vor.

Außer dem Dihydrat, auf welches sich die vorigen Beobachtungen beziehen, wurde ein instabiles Tetrahydrat neu gefunden.

G. Wasser[3]).

Durch eine einfache, die Kohlensäure entziehende Behandlungsweise ließ sich Kahlbaumsches destilliertes Wasser auf das Leitvermögen $0{,}5 \cdot 10^{-6}$ bringen. Weitere Behandlung durch Luft in Gegenwart von Platin führte sogar zu dem Wert $0{,}28 \cdot 10^{-6}$, der in Anwesenheit von Luft noch nie erreicht sein wird. Die letztere Reinigung beruht wahrscheinlich auf der Zerstörung von Ammoniak.

In Silber lange aufbewahrtes Wasser erfuhr nur eine kleine Änderung seines Leitvermögens. Langdauerndes kaltes Auswässern eines Voltameterniederschlages erscheint hiernach unbedenklich.

Bei dem Studium des Einflusses atmosphärischer Luft auf gewöhnliches destilliertes Wasser wurden auch bei sehr wechselndem Wetter nur Einwirkungen gefunden, die sich auf den Gehalt an Kohlensäure zurückführen ließen. Für eine sichere Entscheidung der wichtigen Frage ist freilich der von der Industrie sehr nachteilig beeinflußte atmosphärische Zustand um die Reichsanstalt wenig geeignet (Anh. Nr. 11).

VI. Arbeiten der Werkstatt.

Gegenstände größerer Arbeiten bildeten

- ein Spiegelapparat als Hülfsapparat, um Lichtstrahlen unter meßbaren Winkeln zu reflektieren,
- ein Kommutator zum Entmagnetisieren,
- verschiedene Platinthermometer,
- eine Anzahl kleiner, sowie großer Vierkurbelwiderstände,
- Schalter verschiedener Gattung,
- Ablesefernrohre auf Stativen,

---

[1]) Kohlrausch.
[2]) Kohlrausch, Mylius.
[3]) Kohlrausch.

ein störungsfreies Magnetometer,
Stative für den schwarzen Körper,
ein Prüfungsapparat für Kältemischungen.

Mit Beglaubigungsstempel wurden versehen

227 Stäbe und Streifen aus Eisen und Stahl für magnetische Untersuchungen,
53 Stimmgabeln,
28 Bolzen,
3 Skalen,
137 Hefner-Lampen,
24 Fassungen für Quarzplatten.
267 Schilder für Normalelemente und Widerstände.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
(gez.) Kohlrausch.

Anhang.

Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Abteilung I.

Amtliche Veröffentlichungen.

1. Thiesen, Über die spezifische Wärme des Wasserdampfes. *Ann. d. Physik* **9.** *S. 80. 1902.*
2. Scheel, Die Wärmeausdehnung des Quarzes in Richtung der Hauptachse. *Ebenda* **9.** *S. 837. 1902.*
3. Dittenberger, Über die Ausdehnung von Eisen, Kupfer, Aluminium, Messing und Bronze in hoher Temperatur. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* **46.** *S. 1532. 1902.*
4. Groschuff, Berichtigung von Eisenanalysen. *Ebenda* **46.** *S. 1865. 1902.*
5. Holborn und Henning, Über die Ausdehnung des geschmolzenen Quarzes. *Ann. d. Physik* **10.** *S. 446. 1903.*
6. Austin, Über den Wärmedurchgang durch Heizflächen. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* **46.** *S. 1890. 1902.*
7. Grüneisen, Zur Gesetzmäßigkeit der elastischen Dehnungen. *Ebenda* **46.** *S. 1840. 1902.*
8. Kohlrausch und Holborn, Über ein störungsfreies Torsionsmagnetometer. *Ann. d. Physik* **10.** *S. 287. 1903.*
9. Kohlrausch und von Steinwehr, Weitere Untersuchungen über das Leitvermögen von Elektrolyten aus einwertigen Ionen in wäßriger Lösung. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1902. S. 581.*
10. Kohlrausch, Über die Temperaturkoeffizienten der Ionen im Wasser, insbesondere über ein die einwertigen Elemente umfassendes Gesetz. *Ebenda 1902. S. 572.*
11. Kohlrausch, Über Wasser in einigen Beziehungen zur Luft. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **42.** *S. 193. 1902.*
12. von Steinwehr, Über den angeblichen Umwandlungspunkt des Kadmiumsulfat-Hydrats $CdSO_4$, $^8/_3 H_2O$. *Ann. d. Physik* **9.** *S. 1046. 1902.*
13. Diesselhorst, Über ballistische Galvanometer mit beweglicher Spule. *Ebenda* **9.** *S. 458. 1902.*
14. Diesselhorst, Zur ballistischen Methode der Messung von Elektrizitätsmengen. *Ebenda* **9.** *S. 712. 1902.*
15. Holborn und Henning, Über die Zerstäubung und Rekristallisation der Platinmetalle. *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1902. S. 936.*
16. Holborn und Kurlbaum, Über ein optisches Pyrometer. *Ann. d. Physik* **10.** *S. 225. 1903.*
17. Lummer und Pringsheim, Zur Temperaturbestimmung von Flammen. *Physik. Zeitschr.* **3.** *S. 233. 1902.*

18. Lummer und Pringsheim, Die strahlungstheoretische Temperaturskale und ihre Verwirklichung bis 2300° abs. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 3. 1903.*
19. Lummer und Gehrcke, Über die Interferenz des Lichtes bei mehr als 2 Millionen Wellenlängen Gangunterschied. *Ebenda* **4.** *S. 337. 1902.*

Private Veröffentlichungen.

20. Thiesen, Über die gegenseitige Zuordnung der Elemente zweier Scharen nach den Gesetzen des Zufalls. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **4.** *S. 98. 1902.*
21. Thiesen, Nachruf für Johannes Pernet. *Ebenda* **4.** *S. 128. 1902.*
22. Thiesen, Zur Theorie der Diffusion. *Ebenda* **4.** *S. 348. 1902.*
23. Jaeger, Über Normalelemente. *Zeitschr. f. Elektrochemie* **8.** *S. 485. 1902.*
24. Lummer, Die Ziele der Leuchttechnik. *Elektrotechn. Zeitschr.* **23.** *S. 787. 1902.*
25. Henning, Über radioaktive Substanzen. *Ann. d. Physik* **7.** *S. 562. 1902.*
26. Henning, Vergleichende Messungen des elektrischen Potentiales mittels der Flamme und eines aus radioaktiver Substanz bestehenden Kollektors. *Ebenda* **7.** *S. 893. 1902.*
27. Gehrcke, Über den Geschwindigkeitsverlust, welchen die Kathodenstrahlen bei der Reflexion erleiden. *Ebenda* **8.** *S. 81. 1902.* — Bemerkungen dazu, *ebenda* **8.** *S. 480. 1902.*

Abteilung II.

Amtliche Veröffentlichungen.

28. Prüfordnung für elektrische Meßgeräte und Vorschriften für die Ausrüstung der elektrischen Prüfämter nebst Erläuterungen. Herausgegeben von der P. T. R. Amtl. Ausg. 32 S. Berlin, J. Springer 1902.
29. Wiebe und Schwirkus, Beiträge zur Prüfung von Indikatorfedern. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* **47.** *S. 54. 1903.*
30. Rothe, Über ein Flüssigkeitsthermometer für sehr tiefe Temperaturen. *Diese Zeitschr.* **22.** *S. 192. 1902.*
31. Rothe, Über einen Thermostaten für tiefe Temperaturen und seine Anwendung bei der Vergleichung von Thermoelementen. *Ebenda* **22.** *S. 14. 1902.*
32. Gumlich, Über das Verhältnis der magnetischen Eigenschaften zum elektrischen Leitvermögen magnetischer Materialien. *Elektrotechn. Zeitschr.* **23.** *S. 101. 1902*; *Stahl u. Eisen* **22.** *S. 330. 1902.*
33. Lindeck, Über die Haltbarkeit von kleinen Widerständen aus Manganinblech im praktischen Gebrauch. *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 1. 1903.*
34. Hagen und Rubens, Das Reflexionsvermögen einiger Metalle für ultraviolette und ultrarote Strahlen. *Ann. d. Physik* **8.** *S. 1. 1902.*
35. Hagen und Rubens, Die Absorption ultravioletter, sichtbarer und ultraroter Strahlen in dünnen Metallschichten. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **4.** *S. 55. 1902*; *Ann. d. Physik* **8.** *S. 432. 1902.*
36. Brodhun und Schönrock, Apparate zur Untersuchung von senkrecht zur Achse geschliffenen Quarzplatten auf ihre Güte. *Diese Zeitschr.* **22.** *S. 353. 1902.*
37. Meusser, Metallchlorate. Studien über die Löslichkeit der Salze X. *Ber. d. Deutsch. chem. Ges.* **35.** *S. 1414. 1902.*

Private Veröffentlichungen.

38. Leman, Über Schattenphänomene bei Finsternissen. *Das Weltall. 40 S. 1902.*
39. Wiebe, Professor Dr. Johannes Pernet. *Deutsche Mech.-Ztg. 1902. S. 61.*
40. Wiebe, Über Erzeugung und Messung tiefer Temperaturen. *Ebenda 1902. S. 229.*
41. Gumlich, Präzisionsmessungen mit Hülfe der Wellenlänge des Lichts. *Das Weltall. 16 S. 1902.*
42. Kurlbaum, Über eine einfache Methode, die Temperatur leuchtender Flammen zu bestimmen. *Physik. Zeitschr.* **3.** *S. 187. 1902.*

43. **Kurlbaum**, Über das Reflexionsvermögen von Flammen. *Ebenda* **3.** *S. 332. 1902.*
44. **Orlich**, Über die Definition der Phasenverschiebung. *Elektrotechn. Zeitschr.* **23.** *S. 543. 1902.*
45. **Schulze**, Über den Spannungsverlust im elektrischen Lichtbogen. *Inaugural-Dissertation. Hannover 1903.*
46. **Grützmacher**, Über Thermometer mit Papierskalen. *Deutsche Mech.-Ztg. 1902. S. 84.*
47. **Grützmacher**, Neuere Thermostaten. *Ebenda 1902. S. 184.*
48. **Wachsmuth und Schönrock**, Beiträge zu einer Wiederholung des Mascartschen Versuches. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **4.** *S. 183. 1902.*
49. **Rothe**, Bemerkungen über ein spezielles krummliniges Koordinatensystem. *Ber. d. Berl. Math. Gesellsch.* **1.** *S. 47. 1902.*

Referate.

Neue Untersuchungen über Nickel-Stahl-Legierungen.

Von Ch. Ed. Guillaume. *Compt. rend.* **136.** *S. 303, 356, 498. 1903.*

Thermische Ausdehnung. Die früheren Untersuchungen Guillaumes (vgl. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 155. 1897*) führten bekanntlich zu dem interessanten Ergebnis, daß die thermische Ausdehnung des Nickel-Stahls zwischen 0° und 38° von 0% Ni an mit steigendem Nickelgehalt langsam zunimmt, in der Nähe von 25% Ni rasch ein Maximum erreicht, dann zu einem Minimum abfällt, das bei 36% Ni erreicht wird und etwa ein Zehntel der Ausdehnung des Platins beträgt, um von da erst rasch, dann langsam bis zur Ausdehnung des reinen Nickels anzusteigen.

Guillaume hat nun zunächst die Lücke ausgefüllt, welche die Reihe der früheren Legierungen (vgl. *diese Zeitschr. a. a. O.*) zwischen 44% und 100% Ni aufweist. Er findet für die vier neuen Legierungen folgende Ausdehnungskoeffizienten zwischen 0° und 38°:

Legierung %	Mittlerer Ausdehnungskoeffizient zwischen 0° und T^0	Wirkliche Ausdehnung bei 20°
48,7 Ni	$(9{,}901 - 0{,}00067\,T)\,10^{-6}$	$9{,}874 \cdot 10^{-6}$
50,7 „	$(9{,}824 + 0{,}00243\,T)$ „	9,921 „
53,2 „	$(10{,}045 + 0{,}00031\,T)$ „	10,057 „
70,3 „	$(11{,}890 + 0{,}00387\,T)$ „	12,045 „

Diese neuen Beobachtungen reihen sich den früheren gut ein und zeigen in dem Gebiet von 44% bis 100% Ni nichts Auffallendes. Denn die Unregelmäßigkeit im Anwachsen des Koeffizienten von T ist nicht als reell zu betrachten, da die Bestimmung dieses Gliedes aus dem kleinen Temperaturintervall 0° bis 38° sehr schwierig und daher etwas unsicher ist.

Guillaume hat weiter gefunden, daß die thermische Ausdehnung von Nickel-Stahl durch Beimengung von Mangan, Kohle, Silizium gesteigert wird, was sich besonders bei den Legierungen in der Nähe von 36% bemerkbar macht, die eine minimale Ausdehnung besitzen. Wenn es danach auch erwünscht ist, den Gehalt an Fremdkörpern möglichst herabzusetzen, so ist doch andererseits dem Wunsche eine Grenze gesetzt durch die Notwendigkeit, dem Nickel-Stahl die Fähigkeit zu mechanischer Bearbeitung, die an gewisse Beimengungen geknüpft ist, zu erhalten. Bei möglichster Reinigung und Häufung aller günstigen Momente während des Gusses und der Bearbeitung gelang es, zu einem negativen Ausdehnungskoeffizienten zu kommen, der dem absoluten Betrage nach etwa gleich $^1/_{15}$ der Ausdehnung des Platins ist. Von größerer praktischer Bedeutung ist eine Legierung, deren Gehalt an Fremdkörpern so abgeglichen ist, daß sie eine kaum meßbare thermische Ausdehnung besitzt. Guillaume gibt dafür die Formel

$$\alpha = (+\,0{,}028 - 0{,}00232\,T) \cdot 10^{-6},$$

wonach bei 12 Grad α verschwindet. Ein Draht von 1 *km* Länge würde sich bei Erwärmung von 0° auf 20° um nicht ganz 0,4 *mm* zusammenziehen.

In Form von 1,7 *mm* starken Drähten ist diese Legierung bereits mehrfach mit Vorteil angewandt, z. B. zur Ausmessung der Basis für die geodätischen Messungen der jüngsten schwedisch-russischen Gradmessungs-Expedition auf Spitzbergen.

Eine Legierung von genau der gleichen Ausdehnungsfähigkeit zu reproduzieren ist nicht möglich, da außer der chemischen Zusammensetzung auch unberechenbare Vorgänge beim Guß und die spätere Bearbeitung von Einfluß sind. Wichtig ist daher die Frage, ob wenigstens die aus einem Guß hervorgegangene Legierung genügend homogen ist, um von einer Probe auf die ganze Masse schließen zu können. Wie Guillaume wiederholt fand, ist das in der Tat der Fall. Die aus demselben Guß und in gleicher Weise bearbeiteten Stäbe besitzen die gleiche Ausdehnung, die deshalb für jeden Guß nur an einer einzigen Probe bestimmt zu werden braucht. Zeitliche Änderungen des Ausdehnungskoeffizienten scheinen bei künstlich gealterten Legierungen nur in sehr geringem Maße stattzufinden.

Permanente Volumänderungen. In einer früheren Mitteilung (vgl. *diese Zeitschr.* ***20.*** *S. 208. 1900*) ist bereits erwähnt, daß die Nickel-Stahl-Legierungen von geringem Ausdehnungskoeffizienten langsam verlaufenden Volumänderungen unterliegen. Ein Stab von 1 *m* Länge, zwischen 100° und 40° gealtert, dann der Zimmertemperatur überlassen, zeigte nach Verlauf des ersten Jahres eine Verlängerung von 6 μ. Weiter fand Guillaume

nach Verlauf von	746	1097	1347	2032 Tagen
eine Verlängerung von	7,5	8,6	10,5	11,5 μ.

Wenn man diese Nachwirkungen auch durch längeres Erwärmen auf eine nur wenige Grad über Zimmertemperatur liegende Temperatur abschwächen kann, so muß doch eine Verwendbarkeit der Legierung für Präzisionsmaßstäbe ersten Ranges als ausgeschlossen gelten. Für Arbeiten von kürzerer Dauer dagegen können Maßstäbe aus Nickel-Stahl, die von Zeit zu Zeit mit einem Urnormal verglichen werden, von großem Vorteil sein.

Diese Nachwirkungserscheinungen schwinden bei zunehmendem Nickelgehalt. So hält Guillaume eine Legierung von 43,6 % Ni, die noch immer einen kleineren Ausdehnungskoeffizienten besitzt, als alle gebräuchlichen Metalle, auch zur Herstellung von Normalen für wohl geeignet.

Änderung des Elastizitätsmoduls mit der Temperatur. Wie Guillaume früher (*Compt. rend.* ***124.*** *S. 753. 1897*) fand, nimmt der Elastizitätsmodul des Stahls mit wachsendem Nickelgehalt bis 20% Ni ab, steigt dann bis 22% auf einen Zwischenwert, um wieder bis zu einem Minimum bei 36% abzufallen. Von da steigt der Modul bis zum Wert für reines Nickel.

Perret hat nun unter Guillaumes Leitung in dem besonders interessanten Gebiet zwischen 22 % und 44,5 % Ni die Temperaturkoeffizienten des Elastizitätsmoduls zwischen 0° und 30°, bei einigen Legierungen zwischen $-15°$ und $+45°$, bestimmt, indem er ein Chronometer, dessen Spiralfeder aus der zu untersuchenden Legierung bestand, den betreffenden Temperaturen aussetzte. Kennt man die Temperaturformel für den Chronometergang und für die Ausdehnung der Legierung, so läßt sich die Formel für den Elastizitätsmodul daraus berechnen. Die Versuche ergaben folgende Zahlen. E bedeutet den Elastizitätsmodul, α und β die Koeffizienten der quadratischen Temperaturformel

$$E = E_0 (1 + \alpha T + \beta T^2).$$

% Ni	$E\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$	$\alpha \cdot 10^6$	$\beta \cdot 10^6$
22	19670	-394	
26,2	18500	-51	$-0{,}95$
27,9	18060	$+104$	$-1{,}72$
30,4	15960	$+389$	
35	15040	$+464$	
44,5	16400	-44	$+0{,}62$

Wo β einen im Verhältnis zu α niedrigen Wert besitzt, d. h. bei wenig gekrümmter Temperaturkurve, ist nur α als mittlerer Temperaturkoeffizient zwischen den Temperaturgrenzen 0^0 und 30^0 angegeben.

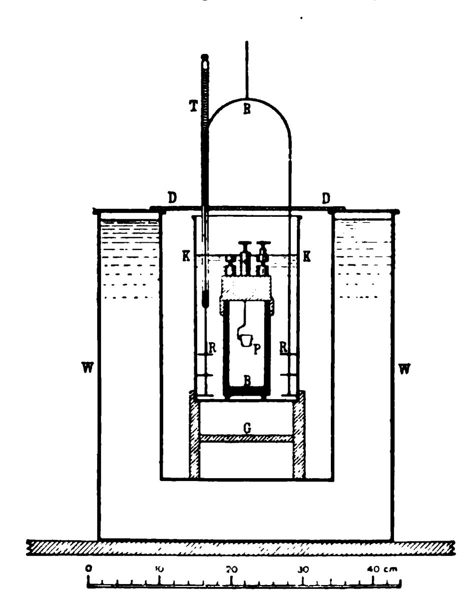
Wie man sieht, hat β starke negative Werte für die Legierungen, welche bei der Beobachtungstemperatur im Bereich der raschen magnetischen Umwandlung sich befinden (vgl. *diese Zeitschr.* **17.** *S. 344. 1897*), dagegen einen kleineren positiven Wert für die letzte Legierung, bei der in gewöhnlicher Temperatur die magnetische Umwandlung bereits abgeschlossen ist. Nach der obigen Formel würde der Elastizitätsmodul für die zweite Legierung bei -27^0, für die dritte bei $+30^0$ ein Maximum erreichen, d. i. etwa 10 Grad unterhalb der Temperaturen, bei denen die Magnetisierbarkeit der unmagnetischen Legierung auftritt. Die letzte Legierung hat bei $+35^0$ ein Minimum des Elastizitätsmoduls. Man hat also zweierlei Legierungen, von etwa 27 % bezw. 44 % Ni, deren Elastizitätsmodul bei gewöhnlicher Temperatur einen maximalen bezw. minimalen Wert erreicht und daher praktisch von der Temperatur unabhängig ist.

Diese Legierungen sind natürlich mit Vorteil zur Konstruktion von Uhrfedern, Stimmgabeln, Torsionsdrähten u. a. zu verwenden, doch ist zu beachten, daß ihr Ausdehnungskoeffizient von gewöhnlicher Größenordnung ist, daher eine Korrektion wegen thermischer Ausdehnung erforderlich macht. *Grüneisen.*

Bestimmung des Wasserwertes eines Berthelotschen Kalorimeters in elektrischen Einheiten.

Von W. Jaeger und H. von Steinwehr. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 50. 1903.*

Zur Berechnung des absoluten Wertes der Verbrennungswärme verschiedener organischer Substanzen, die im I. Chemischen Institut der Universität Berlin untersucht worden waren, war es notwendig, den Wasserwert des Kalorimeters in der Anordnung, wie es zu den Versuchen gedient hatte, genau zu bestimmen; hierzu wurde von den Verf. die schon öfter zu ähnlichen Zwecken angewandte elektrische Methode benutzt, indem die durch eine bekannte elektrische Energiemenge hervorgerufene Erwärmung des Kalorimeters gemessen wurde. Da der von Berthelot angegebene Apparat in dieser Zeitschrift noch nicht beschrieben ist, soll er bei dieser Gelegenheit hier kurz erläutert werden (vgl. die nebenstehende schematische Figur). In dem eigentlichen, mit 2 bis 3 Liter Wasser gefüllten Kalorimeter K steht die Bombe B, in der die Verbrennungen vorgenommen werden. Die letztere ist ein starkwandiges Gefäß aus Nickeleisen von etwa 300 *ccm* Inhalt mit luftdicht aufschraubbarem Deckel, das zur Verminderung der direkten Wärmeleitung zugespitzte Füße besitzt. Der Sauerstoff wird durch ein Ventilrohr zugeführt und auf 20 bis 25 Atmosphären gebracht. Die zu verbrennende Substanz befindet sich in dem kleinen Platintiegel P und wird durch einen isoliert eingeführten Eisendraht mittels eines kurz andauernden elektrischen Stroms entzündet. Das auf einem Ebonitgestell G ruhende Gefäß K ist umgeben von einem doppelwandigen, mit Wasser gefüllten Kupfermantel W, der oben durch einen Ebonitdeckel D abgeschlossen wird. Der Rührer R wird durch einen Elektromotor in mäßigem Tempo auf und ab bewegt; er läßt noch Platz für ein Thermometer T. Die bei den Verbrennungen auftretenden Wärmemengen betrugen im Maximum etwa 6000 Kalorien, welche das Kalorimeter einschließlich der Metallmassen (3,3 *kg*) um etwa 2^0 erwärmen. Um diesen Effekt auf



elektrischem Wege unter möglichster Kopierung des Wärmeverlaufs bei der Verbrennung zu erhalten, wurde auf die äußere Zylinderfläche der Bombe ein Konstantanband (Breite 4 *mm*, Dicke 0,06 *mm*, Länge etwa 5 *m*) in engen Windungen, die voneinander durch einen Seidenfaden isoliert waren, aufgewickelt. Die Isolation dieses Bandes gegen die Bombe und das umgebende Wasser wurde durch Seidenband bewirkt, das nach dem Aufwickeln mit Schellacklösung gut getränkt war. Als Stromquelle wurde eine Akkumulatorenbatterie von 70 Volt benutzt; die Leistung betrug so im Maximalfalle rund $^2/_3$ Pferdekraft, da der Widerstand des Konstantanbandes etwa 11 Ohm war; die Belastung des Widerstandes betrug etwa 30 Amp. für 1 *qmm*. Der Widerstand erwies sich als sehr konstant, sodaß die Energiemessung während des Versuchs auf die Ermittlung der Spannung an den Enden des Widerstandes beschränkt werden konnte. Die Spannung wurde mit einem zur Bombe parallel geschalteten Kompensationsapparat unter Anwendung eines Westonschen Kadmiumelements gemessen, wobei diese Spannung im Kompensationsapparat einen Strom von 0,0001 Amp. lieferte. Ein Präzisionsgalvanometer von Siemens & Halske mit aufgehängter Spule und Zeigerablesung, wie es zu pyrometrischen Zwecken benutzt wird (470 Ohm, 1 Skt. gleich $2 \cdot 10^{-7}$ Amp.) reichte für den vorliegenden Zweck zur Einstellung vollkommen aus, da 1 Skalenteil durchschnittlich $^1/_2$ Promille der Spannung entsprach. Vor dem eigentlichen Versuch wurde die Akkumulatorenbatterie eine Zeit lang durch einen Ersatzwiderstand von ebenfalls 11 Ohm geschlossen und dann schnell auf die Bombe umgeschaltet, um konstanten Strom während der Messung zu erzielen. Der Schlüssel, welcher in den Stromkreis der Bombe eingeschaltet war, schloß bezw. unterbrach gleichzeitig den Stromkreis eines Chronographen, sodaß auf diese Weise die Zeit des Stromschlusses genau ermittelt wurde. Zur Temperaturbestimmung diente ein in zehntel Grad geteiltes, mikrometrisch abgelesenes Quecksilberthermometer, welches vor den in $^1/_{100}{}^0$ geteilten Thermometern den Vorzug besitzt, daß die Quecksilbersäule infolge der weiteren Kapillare nicht so leicht hängen bleibt; die Ablesegenauigkeit ist im vorliegenden Fall für beide Thermometer etwa gleich. Vor und nach jedem Versuch wurde in bekannter Weise der durch den Wärmeaustausch mit der Umgebung bedingte Temperaturgang des Kalorimeters gemessen, um aus diesem die Korrektion für die beobachtete Temperaturerhöhung zu ermitteln. In Betreff dieser Korrektion selbst sei auf das Original verwiesen.

Aus der Spannung E an den Enden des auf die Bombe gewickelten Widerstandes w, aus der Zeit t des Stromschlusses und dem korrigierten Temperaturanstieg u des Kalorimeters ergibt sich dessen Wasserwert $W = \frac{E^2}{w} \cdot \frac{t}{u}$ und zwar in Wattsekunden/Grad, wenn E in Volt, w in Ohm gemessen wird. Einer Steigerung der Genauigkeit wird bei den vorliegenden Messungen in erster Linie durch das Quecksilberthermometer eine Grenze gesetzt, da sich die gemessene Temperaturdifferenz bei aller Sorgfalt höchstens auf einige tausendstel Grad verbürgen läßt. Als untere Grenze bei der Anwendung des Quecksilberthermometers ergibt sich eine Temperaturerhöhung von etwa 2°, bei der eine Genauigkeit von 1 bis 2 Promille zu erzielen ist. Bei 1,4° waren die Fehler etwa 3-mal so groß; andrerseits ist es wegen des Wärmeaustausches des Kalorimeters mit der Umgebung ratsam, mit möglichst kleinen Temperaturdifferenzen zu arbeiten.

Es wurden 6 Gruppen von Versuchen angestellt, bei denen die Spannung zwischen 27 und 67 Volt, die Zeit des Stromschlusses zwischen 1 und 4 Minuten, die Temperaturerhöhung zwischen 1,4° und 3° variiert wurde. Die größte Abweichung der Einzelwerte vom Mittel beträgt hierbei 1,5 Promille, der mittlere Fehler des Mittels 0,5 Promille; die absolute Genauigkeit desselben wird auf 1 bis 2 Promille geschätzt. Bei der Anwendung von Platinthermometern, wobei dann auch noch kleinere Temperaturerhöhungen verwendet werden sollen, verspricht man sich eine erheblich größere Genauigkeit. Die unter Zugrundelegung des hier gefundenen Mittelwertes von 11606 Wattsek./Grad bei einer bestimmten Wasserfüllung des Kalorimeters ermittelten Verbrennungswärmen einer größeren Anzahl reiner organischer Substanzen wird seitens des I. Chemischen Instituts der Universität Berlin an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Für besonders ausgewählte Substanzen, die dann als Normal-Verbrennungssubstanzen zur Eichung der Kalorimeter dienen können, sollen die Messungen noch mit größerer Genauigkeit wiederholt werden. *W. J.*

Über Spektrallampen.

Von E. Beckmann. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **34.** *S. 593. 1900;* **35.** *S. 443 u. 652. 1900;* **40.** *S. 465. 1902.*

Die Spektrallampen sind Vorrichtungen zum Färben nichtleuchtender Flammen durch Salzlösungen, die als Sprühnebel in die Flammen eingeführt werden. Der wichtigste und auch völlig neue Bestandteil der meisten dieser Spektrallampen sind die Zerstäubungsröhrchen, deren Wirkung daher zunächst besprochen werden möge.

Füllt man mit einer Lösung z. B. von Chlorbaryum ein Becherglas bis zum Rande und bläst mit einem Strohhalm Luft hinein, während gleichzeitig eine Bunsenflamme über die Stelle gehalten wird, wo die Luftblasen aufperlen, so wird man keine Färbung der Flamme wahrnehmen. Wiederholt man nun aber den Versuch unter Anwendung eines Stückes spanischen Rohrs von den Dimensionen des Strohhalms, so findet Aufleuchten der Flamme statt. Das von zahlreichen Gefäßen durchsetzte spanische Rohr wirkt nämlich wie ein Bündel von Kapillaren und zerteilt den Luftstrom in kleinere Bläschen; hierdurch wird die Berührungsfläche zwischen Luft und Lösung vergrößert und eine vermehrte Salzmenge der Flamme zugeführt, zumal der von der Gasflamme aufsteigende warme Gasstrom die Flüssigkeitsstäubchen um so leichter in die Flamme hineinzieht, je feiner sie sind. Um möglichst große Lichtstärke zu erzielen, hat man also die Zerteilung des Luftstromes tunlichst weit zu treiben und braucht zu diesem Zwecke die Luft nur durch entsprechend feinporige Körper zu schicken.

Am meisten empfahl sich die Anwendung von Porzellan wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen Chemikalien. Die Schwierigkeiten, welche sich der Herstellung von Porzellan mit bestimmter Gasdurchlässigkeit entgegenstellten, konnten mit der Zeit behoben werden. Die Stellen der Porzellangefäße, welche kein Gas durchlassen sollen, werden dann mit einer ebenfalls sehr widerstandsfähigen Glasur nach außen abgedichtet. Besonders finden die in Fig. 1 in $^1/_2$ nat. Größe abgebildeten, einseitig geschlossenen Zerstäubungsröhrchen Verwendung, welche sich mit dem offenen, glasierten Ende an einem Gummischlauch befestigen lassen.

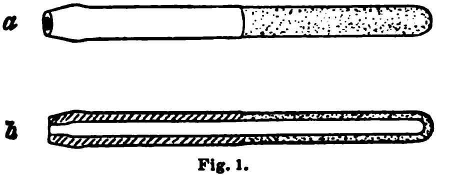


Fig. 1.

Die mit „Schwachdruck" bezeichneten Zerstäubungsröhrchen lassen nach dem Eintauchen in wässerige Flüssigkeiten schon bei 0,6 bis 1,0 Atmosphären reichlich Gas hindurch. Will man besonders feine Gaszerteilung erzielen, so nimmt man die dichteren Röhrchen mit der Aufschrift „Starkdruck", die erst bei 1,6 bis 2,0 Atmosphären genügend Gas durchtreten lassen. Was die Größenordnung der Poren des porösen Porzellans betrifft, so konnte der Verf. nur ermitteln, daß das Austreten von Luft in Seifelösung Gasperlen von $^1/_{200}$ bis $^1/_{20}$ *mm* Durchmesser ergab.

Die Verfeinerung der Gaszerteilung und damit die Intensität der Flammenfärbung wird noch erheblich gesteigert, wenn man die Wandung des Zerstäubungsröhrchens z. B. mit Alkohol imprägniert. Ein auf diese Weise imprägniertes Röhrchen läßt auch bereits bei geringerem Druck Gas hindurchpressen. So ist es möglich, Starkdruckröhrchen, welche mit Wasser getränkt in wässeriger Lösung erst bei etwa 1,8 Atmosphären Gas hindurchlassen, mit Alkohol getränkt schon bei 0,8 Atmosphären zu verwenden. Am meisten wird die Gasentwickelung durch Tränken des Zerstäubers mit Äther beschleunigt. Wegen seiner raschen Verdunstung sind aber als Zerstäubungserleichterer Äthyl- oder Methylalkohol vorzuziehen. Ein mit Äthylalkohol getränktes Zerstäubungsröhrchen läßt 100 *ccm* Luft von 20° bei 1 Atm. in etwa 29 Sekunden, bei 2 Atm. in etwa 7 Sekunden hindurch, wobei es nicht von wesent-

lichem Belang ist, ob der Zerstäuber außen von Luft oder von Flüssigkeit umgeben ist. Ebenso haben sich bei Verwendung von Kohlensäure, Sauerstoff oder Stickstoff als Druckgas an Stelle der atmosphärischen Luft keine erheblichen Unterschiede ergeben.

Eine zu Versuchen im Laboratorium geeignete einfachere Spektrallampe mit Druckkessel ist in Fig. 2 in $^{2}/_{9}$ nat. Größe abgebildet. Unter der von dem Teclu-Brenner *A* mittels der beiden Brennertüllen *C* gelieferten entleuchteten Doppelflamme wird auf verschiebbarem T-Stück *D* eine offene Porzellanküvette *E* von etwa 15 *ccm* Inhalt durch Federn festgehalten, durch deren einen Tubus mittels Kautschukstopfen ein Zerstäubungsröhrchen *F* eingedichtet ist, während der andere Tubus ein Heberrohr *G* mit Quetschhahn zum Ablassen der Flüssigkeit führt. Der Zerstäuber *F* ist mittels der Überfangschraube *HJ* mit einem Druckschlauch *L* verbunden, welcher vom Halter *K* getragen wird und zum Hahn *P* des Druck-

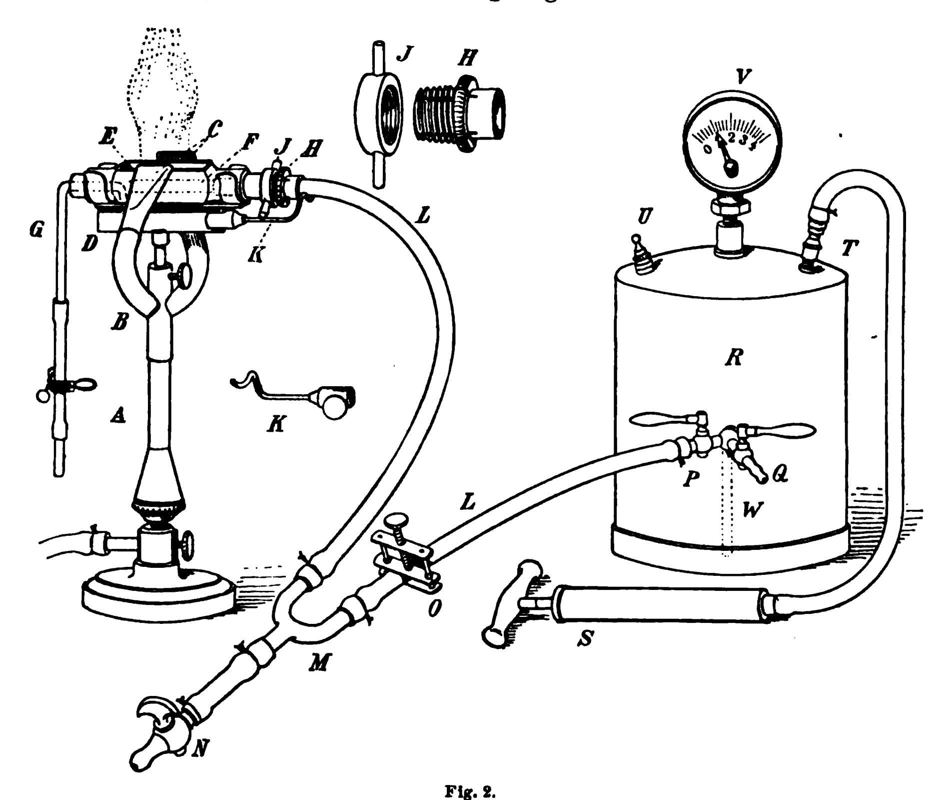


Fig. 2.

kessels *R* führt, zu dessen Füllung die Handluftpumpe *S* dient. Der Kessel besteht aus starkem Zinkblech und besitzt ein Sicherheitsventil *U*, ein Manometer *V* und einen Hahn *Q*, welcher in Verbindung mit dem Rohr *W* gestattet, in den Kessel gelangte Flüssigkeit nach außen abzulassen. Die Küvette wird so weit mit Substanzlösung gefüllt, daß die oberste Rundung des Zerstäubers nicht ganz bedeckt ist. Die Färbung ist am intensivsten an der Stelle, wo die beiden Flammen sich vereinigen; von hier zieht sich ein leuchtender Streifen aufwärts.

Um nach Versuchen mit färbenden Substanzen diese wieder ganz aus dem Apparat zu entfernen, hat man die Küvette und das Zerstäubungsröhrchen auszuwaschen, wozu gewöhnlich Wasser dient. Nach Schließen des Quetschhahnes *O* und Ablassen der Flüssigkeit aus der Küvette wird diese mit destilliertem Wasser gefüllt und nun der Ebonithahn *N* mit einer Wasserstrahlpumpe verbunden. Durchsaugen von einigen Küvetten Wasser ist gewöhnlich ausreichend.

Die Wirkung des Alkohols, die Nebelbildung zu verfeinern und die Durchlässigkeit des Zerstäubers zu vermehren, dauert stundenlang, aber nur, wenn man dauernd für mäßige

Gasentwickelung sorgt. Schließlich muß durch Verdunsten im Gasstrom und durch Diffusion in die wässerige Lösung natürlich die Wirkung des Zerstäubungserleichterers verloren gehen. Eine neue Tränkung geschieht dann in der folgenden Weise. Nachdem die Küvette mit Wasser gereinigt und entleert ist, füllt man dieselbe mit dem Erleichterer, bis der Zerstäuber ganz davon bedeckt ist, und saugt mit der Wasserstrahlpumpe, wie bei der Reinigung des Apparates angegeben, so weit an, daß am Gabelrohr *M* der Erleichterer nach der Strahlpumpe hin auszutreten beginnt, treibt sodann nach Abschluß des Hahnes *N* den Überschuß des Erleichterers mit Druck in die Küvette zurück und entfernt ihn aus dieser durch Ablassen. Alsdann wird die Küvette wieder mit der färbenden Substanzlösung gefüllt.

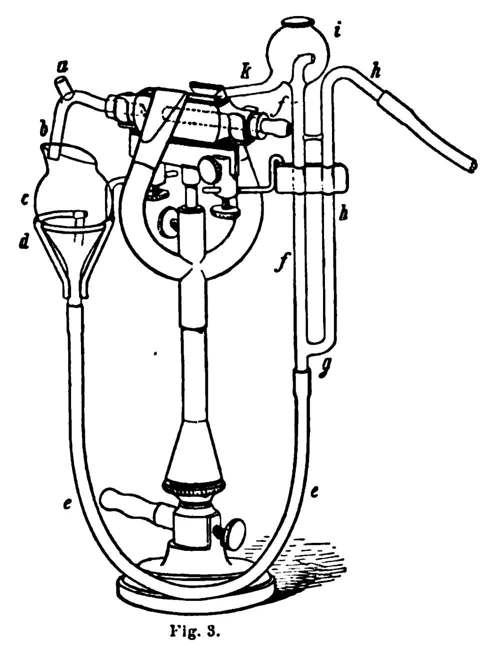


Fig. 3.

Bei längerer Dauer des Versuchs wird die in der Nähe der Flamme befindliche Lösung erwärmt, und es führt die damit verbundene Abdunstung von Wasser zu einer Änderung ihrer Konzentration und des Flüssigkeitsniveaus in der Küvette. Diese Nachteile werden durch den Zirkulationskühler (Fig. 3 in $^1/_4$ nat. Größe) beseitigt, bei dem die Lösung auf dem Wege *bcefk* beständig herumläuft, wenn dem Rohr *h* vom Druckkessel her durch eine Zweigleitung Luft zugeführt wird, deren Druck durch einen Quetschhahn stark reduziert ist. Außer dem Inhalt der Küvette muß natürlich in *cef* so viel Lösung vorhanden sein, daß ihr Niveau sich über der Eintrittsstelle *g* der Druckluftleitung befindet. Durch Kühlen des Schlauches *e* läßt sich die Temperatur der Lösung beliebig herabdrücken.

Die in Fig. 4 in $^2/_9$ nat. Grösse dargestellten Apparate, welche zwischen Druckkessel und Lampe einzuschalten sind, dienen dazu, das Auswaschen des Zerstäubers sowie die Einführung des Zerstäubungserleichterers ohne Änderung von Schlauchverbindungen zu bewirken. Um zunächst die Substanz aus dem Zerstäuber zu entfernen, wird die zum Teil mit Wasser gefüllte Auswaschflasche *b* umgekippt, auf das Fußgestell *d* gesetzt und nun das Wasser durch den Apparat gepreßt. Alsdann wird der Verschluß *h* des Alkoholgefäßes *a* geöffnet, der Erleichterer eingefüllt, der Deckelverschluß wieder festgeschraubt und der Erleichterer durch den Zerstäuber hindurchgepreßt.

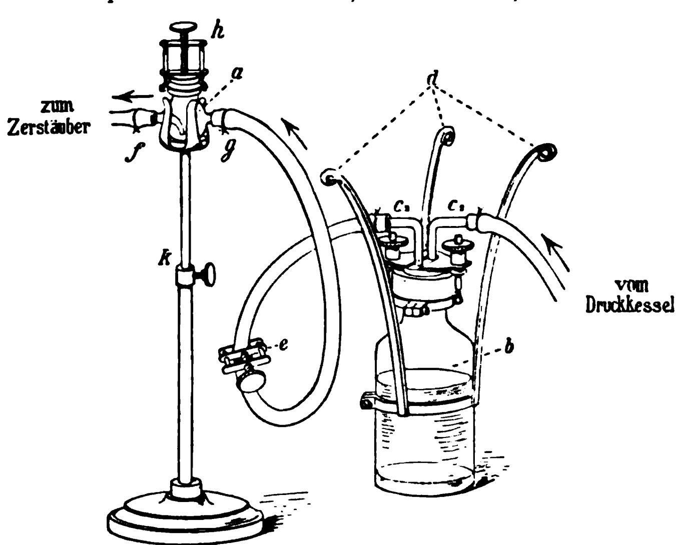
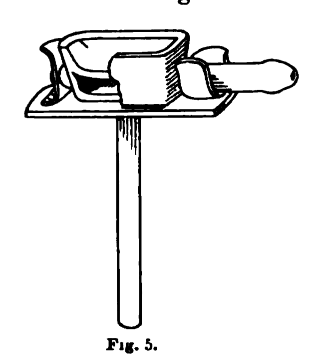


Fig. 4.


Fig. 5.

Versuche mit ganz kleinen Flüssigkeitsmengen führt man am besten mit dem Zerstäubungskästchen aus (Fig. 5 in $^1/_2$ nat. Größe). Dieses besteht aus porösem Porzellan, ist nur nach außen durch Glasur abgedichtet und hat einen Zwischenboden, unter welchen die komprimierte Luft durch einen Tubus geführt wird. Es braucht daher nur die schalenförmige, über dem Zwischenboden befindliche Vertiefung mit Flüssigkeit bedeckt zu sein.

Sehr bequem ist das Arbeiten mit der in Fig. 6 in $^1/_3$ nat. Größe abgebildeten Wasserstrahl-Saug- und -Druckpumpe mit selbsttätigem Druckregulierventil, mit welcher sich konstante Drucke bis zu nahe zwei Atmosphären erzielen lassen. Das Ventil C aus Aluminium besteht aus einer Platte o, welche an den Wasserablauf n durch eine Feder p angepreßt wird. Durch die Stellschraube q kann die Spannung der Feder und somit der Anfangsdruck für das Ausströmen beliebig verändert werden. Die Druckknöpfe $r_1\,r_2$ und Gegendruckgriffe $s_1\,s_2$ ermöglichen, die Ausflußöffnung vorübergehend ganz zu öffnen. Bei einer anderen Ausführungsform

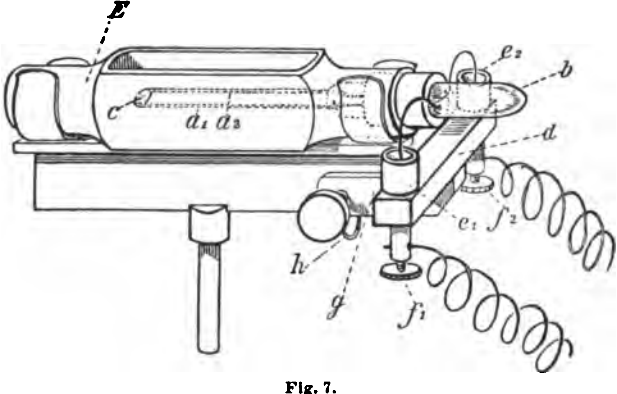


Fig. 7.

(Ventil B) geschieht die Anspannung der Feder p durch Drehung der Schraubenmutter u, wodurch vermieden ist, daß beim Regulieren des Federdruckes die Hand von dem abfließenden Wasser bespült wird.

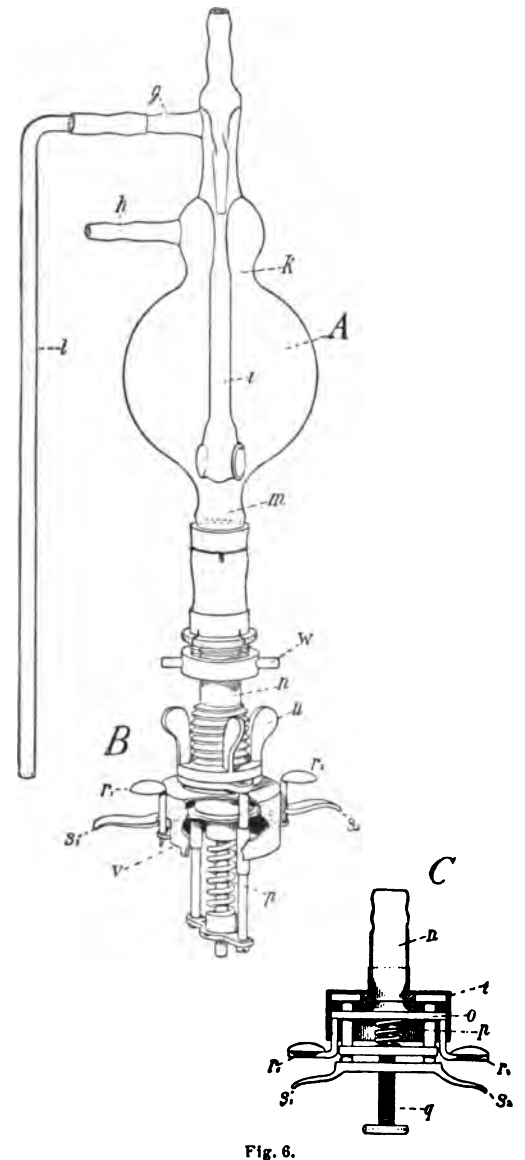


Fig. 6.

Statt Druckluft für die Flammenfärbung läßt sich auch elektrolytische Gaszerstäubung verwenden. Fig. 7 zeigt in $^1/_2$ nat. Größe eine solche Vorrichtung für elektrolytische Zerstäubung. An Stelle des Zerstäubungsröhrchens enthält die Porzellanküvette E ein Elektrodenpaar a_1 und a_2, welches in ein Glasrohr b von der Dicke des Zerstäubers eingeschmolzen ist. Die Elektroden bestehen gewöhnlich aus mit Platinschwarz überzogenem Platinblech und sind an ihrem freien Ende durch Schmelzglas c isoliert. Eine Steigerung der Leitfähigkeit durch anorganische Säuren ist das wirksamste Mittel zur Vermehrung der Gasentwickelung. Doch darf diese auch hier nicht zu lebhaft sein, weil sonst auftretender Schaum die Zerstäubung beeinträchtigen würde. Bei der Elektrolyse empfiehlt sich die Anwendung eines Zirkulationskühlers, um die Salzlösung beständig zu bewegen und durchzumischen.

Bei Beobachtung der Spektralerscheinungen in der Leuchtgasflamme bieten die Kohlenstofflinien leicht Anlaß zu Täuschungen. Reine Erscheinungen erhält man durch Anwen-

dung von Wasserstoff in Verbindung mit Luft oder Sauerstoff. In Fig. 8 ist in $^1/_2$ nat. Größe eine Universalspektrallampe dargestellt, welche Beobachtungen in der Leuchtgas-, Wasserstoff- oder Knallgasflamme, sowie in der Art und Stellung der Brenner weitgehende Variationen gestattet. Mittels der Klemmen *K* kann man den festgehaltenen Gegenstand durch eine einzige Drehung nach jeder beliebigen Richtung beweglich machen, bezw. bei der Rückdrehung in beliebiger Lage feststellen. *R* ist ein Spektroskop.

Eine für Demonstrationen geeignete Natriumspektrallampe mit Zerstäubungsröhrchen und Zirkulationskühler ist in Fig. 9 in $^1/_4$ nat. Größe abgebildet. Bei ihr wird die große

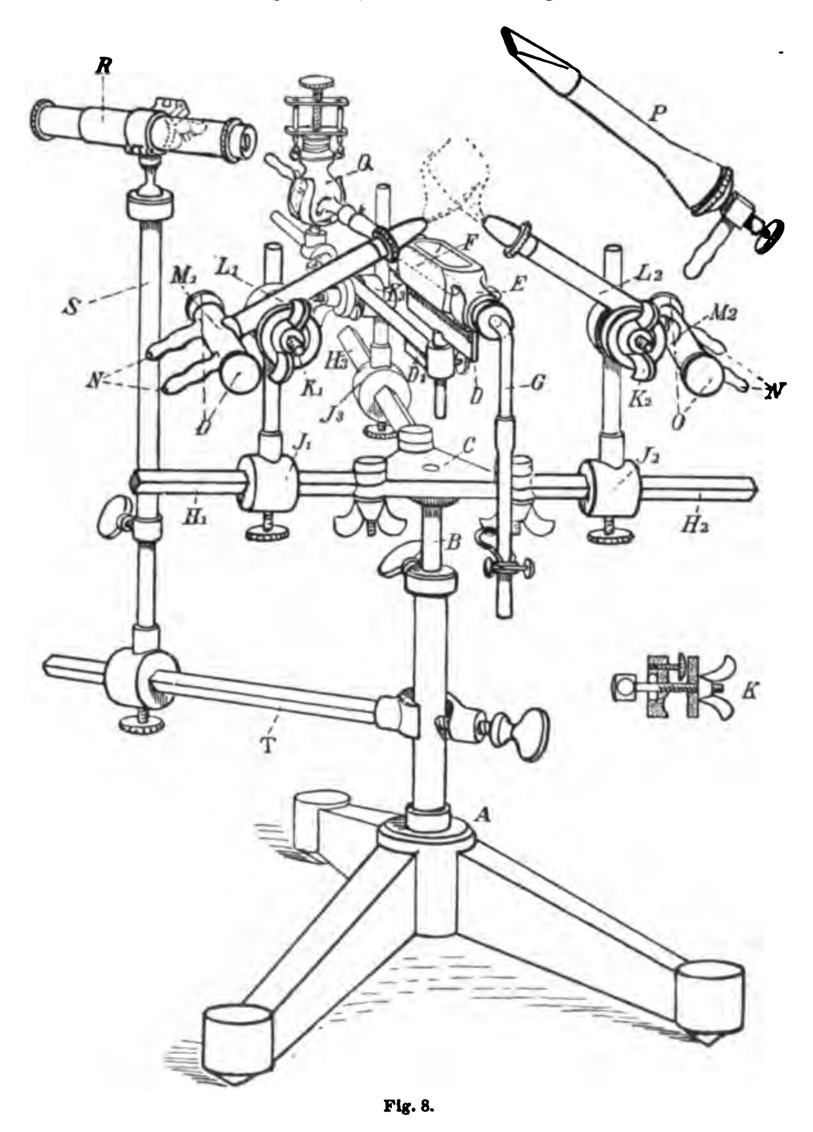


Fig. 8.

und runde Flamme allseitig und gleichmäßig gefärbt. Die Lampe ist mit einer Zündflamme *Q* und einem Schornstein *R* versehen. Da etwa ebenso viel Wasser abdunstet, als Lösung zerstäubt wird, nimmt die Konzentration natürlich mit der Zeit entsprechend zu. Unter Kontrole mit dem in das Sammelgefäß *d* einzuführenden kleinen Schwimmkörper *p* mit willkürlicher Skale kann man indessen durch Zugießen von Wasser die Konzentration konstant halten. 50-prozentige Natriumazetatlösung oder Lösungen von leicht Sauerstoff abgebenden Salzen (Chloraten, Perchloraten, Nitraten, Superoxyden) liefern intensiv gefärbte Flammen. Fig. 10 in $^3/_{10}$ nat. Größe stellt eine Natriumspektrallampe mit Zirkulationskühler

für elektrolytische Zerstäubung dar. Statt der Platinelektroden sind hier Kohlenstifte, wie sie für Bogenlampen benutzt werden, mittels Kautschukstopfen in die Porzellanküvette *A* eingesetzt.

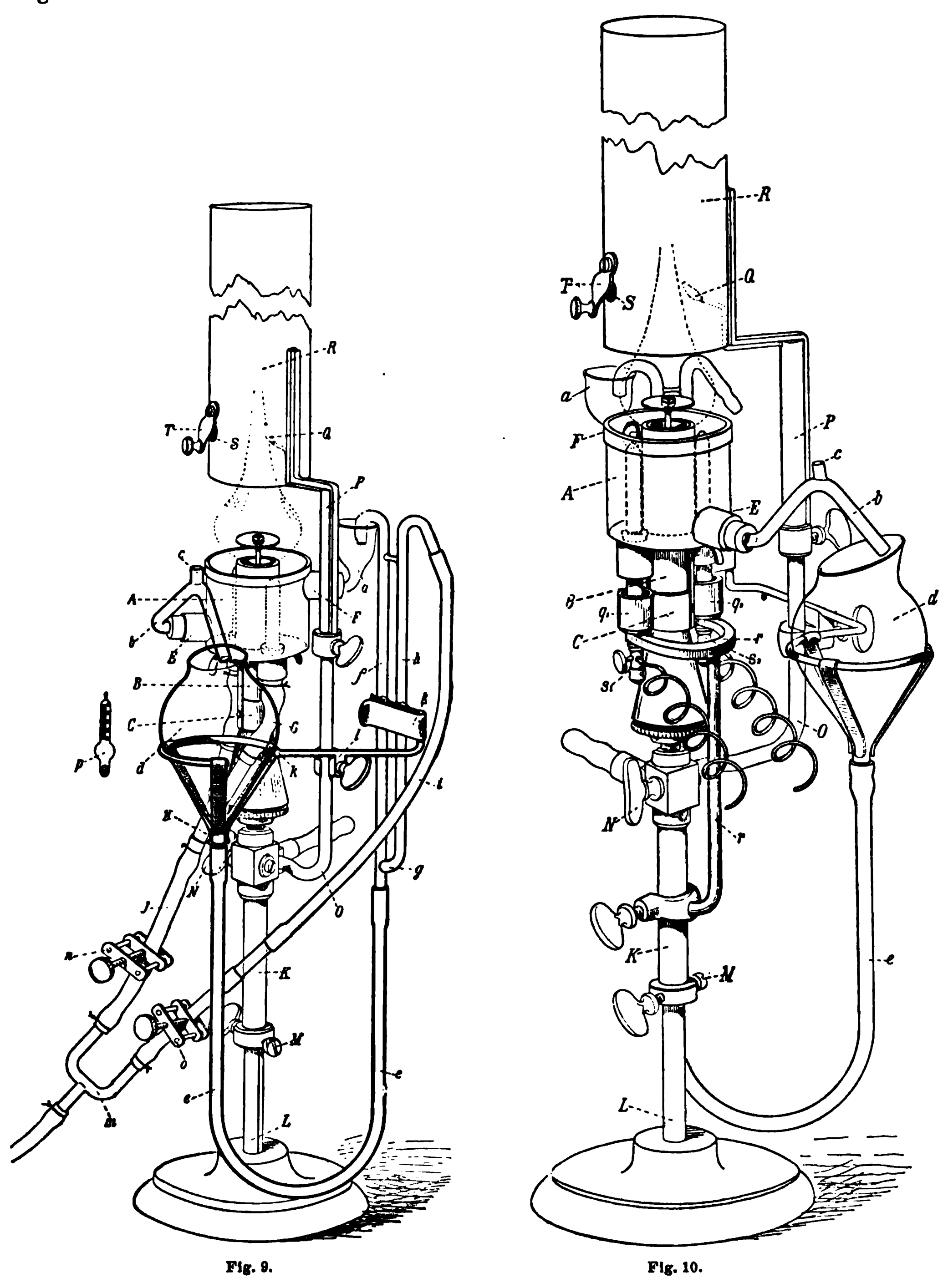


Fig. 9. Fig. 10.

Schließlich wird noch ein für das chemische Praktikum geeigneter Winkelzerstäuber beschrieben, welcher nach Art derjenigen konstruiert ist, die gewöhnlich bei Inhalationsapparaten Verwendung finden, und welcher den Vorzug hat, daß er in größere Entfernung von der Flamme verlegt werden kann, wodurch einer störenden Erwärmung der Flüssigkeit von

der Flamme her vorgebeugt ist. Die Einrichtung einer solchen Spektrallampe mit Sprühvorrichtung ist aus Fig. 11 in $^1/_3$ nat. Größe ersichtlich. Der Winkelzerstäuber ist in das Glasgefäß *A* eingeschlossen, dessen Boden mit Salzlösung bedeckt ist, die durch den Tubus *e* eingefüllt wird. Die das Druckgas zuführende Röhre *b* verjüngt sich zum horizontalen Luftrohr, während das vertikale Flüssigkeitsrohr *c* mit dem Boden des Gefäßes verschmolzen und durch eine seitliche Öffnung für die Flüssigkeit zugänglich ist. Der Sprühnebel breitet sich in *A* frei aus, gelangt erst nach Absetzen der gröbsten Flüssigkeitspartikeln zu dem seitlichen Tubus *d* und nimmt bei Verschluß von *e* den Weg durch den Tropfenfänger *f* und weiterhin zum Bunsenbrenner. Stärkeres Anblasen des Zerstäubers reicht hin, die Flamme in ein kräftiges Gebläse zu verwandeln. Man kann aber die Menge der zum Brenner gelangenden Luft reduzieren durch teilweises Öffnen des Tubus *e* mittels des Quetschhahnes. Der Verbrauch an Flüssigkeit ist ein geringer, da durch *f* nur wenig Salzlösung abgeführt wird, weil der größte Teil wieder zurückfließt. Einfaches Ausspülen von *A* mit Wasser bereitet den Apparat für einen neuen Versuch vor, ohne daß es einer besonderen Reinigung des Brenners bedarf.

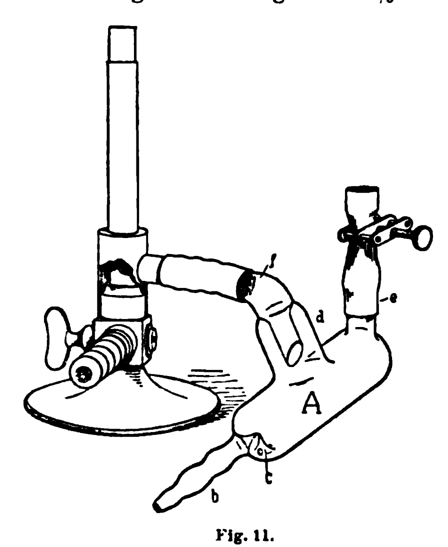


Fig. 11.

Die durch Batente geschützten Apparate werden von der Firma Franz Hugershoff in Leipzig angefertigt. *Schck.*

Mechanisch registrierendes Elektrometer für luftelektrische Messungen.

Von H. Benndorf. *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien.* ***111***, *IIa. S. 487. 1902.*

Der in der vorliegenden Arbeit beschriebene Registrierapparat zur Bestimmung der atmosphärischen Elektrizität ist in drei Stationen (Wien, Triest, Kremsmünster) in Gebrauch und wird von dem Mechaniker Castagna des Wiener Physiologischen Instituts hergestellt. Er besteht aus einem Quadranten-Elektrometer, dessen Ausschläge in bekannter Weise durch periodisch erfolgendes Niederdrücken des Zeigers registriert werden. Die lemniskatenförmige Nadel des Elektrometers ist aus Aluminiumblech von 0,2 *mm* Dicke gefertigt und hängt bifilar an Platindrähten von 0,05 *mm* Durchmesser. Ein in konzentrierte Schwefelsäure tauchendes Platinblech bewirkt die Dämpfung. An der Nadel ist ein mit Gegengewicht versehener Aluminiumzeiger befestigt, an dessen Ende eine 4 *cm* lange Messingfeder sitzt. Diese trägt den Schreibstift, der aus Messing oder einem spitz geschliffenen Granat besteht. Stahl und Eisen dürfen wegen der Nähe der im Apparat befindlichen Elektromagnete nicht verwendet werden. Das zur Registrierung dienende Papier, das durch Rollen mit Gewichten gespannt ist, wird auf elektrischem Wege durch Vermittlung einer Uhr weiterbewegt, die auch gleichzeitig das Niederdrücken des Schreibstiftes besorgt. Die Punkte markieren sich mittels eines über das Papier gelegten Stückes Blaupapier. Zur Auswertung der Ablesungen ist eine Stundenmarkierung vorgesehen. Die einzelnen Teile des Apparates sind abgebildet und eingehend beschrieben, ebenso ist die Justierung ausführlich behandelt. Durch die bifilare Aufhängung der Elektrometernadel wird eine von Temperatur und elastischer Nachwirkung unabhängige Ruhelage gewährleistet. Zum Laden der Nadel verwendet Verf. eine Batterie von 100 Kalomelelementen; die Eichung des Elektrometers geschieht durch eine bekannte elektromotorische Kraft.

Als Kollektoren zur Messung des Luftpotentials werden Radium-Elektroden empfohlen, es kommen aber auch Tropf- und Flammen-Kollektoren zur Anwendung. Weitere Mitteilungen hierüber behält sich Verf. noch vor. *W. J.*

Über Porros Instrumente für photogrammetrische Zwecke.

Von E. Doležal. *Sonderabdruck aus der „Photogr. Corresp. 1902“.* gr. 8°. 11 S. mit Fig.

Der Verf. schickt seiner Mitteilung einen Lebensabriß Porros voraus (1801 bis 1875; zuerst Genieoffizier, dann Leiter verschiedener technischer und wissenschaftlicher Werkstätten zu Turin, Paris und zuletzt Mailand). Es ist wohl allgemein bekannt, daß Porro, ein genialer Konstrukteur geodätischer Instrumente, schon als ganz junger Mann an geodätischen Arbeiten sich beteiligte; aber es wird nicht allgemein bekannt sein, daß er bereits zu Anfang der 30-er Jahre des 19. Jahrhunderts sich beim Nivellement des Herzogtums Genua der *Celerimensura* bediente (der später so genannten Tachymetrie). Als Laussedat seine ersten phototopographischen Versuche als aussichtslos wegen des zu kleinen Gesichtsfeldes der damaligen photographischen Objektive aufgegeben hatte (1852, um sie erst 1859 mit dem ersten inzwischen von Brunner in Paris angefertigten und mit einem Bertaudschen Objektiv von 30° Gesichtsfeld ausgerüsteten Phototheodolit fortzusetzen), widmete sich Porro, seit Mitte der 50-er Jahre, der Vervollkommnung der Objektive für photographische Zwecke; die Ergebnisse waren das „panoramische Objektiv“ und ein photogrammetrischer Panoramenapparat 1857 und 1858. Nachdem Porro aus Paris nach Italien zurückgekehrt war, um in Mailand die Leitung der *„Filotecnica“* zu übernehmen, setzte er die Studien zur *„Fotografia sferica“*, wie er die Anwendung der Photographie auf die Topographie nannte, fort und konstruierte, gegen Mitte der 60-er Jahre, ein Kugelobjektiv, einen Phototheodolit mit zentrischem Objektiv und sphärischer Aufnahmefläche, endlich zwei Ausmeßvorrichtungen dazu. Das Interessanteste sind diese Ausmeßvorrichtungen, bei denen auch der Verf. am ausführlichsten verweilt. Porro hat gezeigt, wie die direkte Ausmessung der Lichtbilder im Winkelmaß durch das Objektiv der Kamera hindurch mit Hülfe eines Fernrohrs geschehen kann, hat also bereits den Gedanken verwirklicht, den in unsern Tagen Koppe bei Benutzung der von seinem Phototheodolit gelieferten Aufnahmen wieder verfolgt hat. Porro hat zwei solche Konstruktionen angegeben; bei der einen ist die Kamera fest, das Hülfsfernrohr beweglich, während bei der neuern umgekehrt das Fernrohr fest ist und die Kamera verstellt werden kann. *Hammer.*

Zur Theorie des Spiegelsextanten.

Von L. Weinek. *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien.* **111**, *IIa. 1902.*

Der Verf. betont in der Einleitung, daß für die Theorie astronomischer oder geodätisch-astronomischer Instrumente Zeichnungen, die den Übergang von den in Betracht kommenden Linien des Instruments zur Sphäre gut veranschaulichen, für die klare Darstellung dieser Theorie wichtig sind. Eine solche Arbeit hat der Verf. bereits für die Theorie des Durchgangsinstruments im Meridian und im I. Vertikal geliefert (*Astron. Beob. an der K. K. Sternwarte Prag 1885, 1886, 1887. Prag 1890. Tafel II*); die vorliegende Notiz enthält eine derartige Zeichnung zur Theorie des Spiegelsextanten, aus der die bekannte „Enckesche Sextantenformel“ (*Berl. astron. Jahrb. f. 1830. S. 292*) leicht abgelesen werden kann. *Hammer.*

Neu erschienene Bücher.

W. C. L. van Schaik, Wellenlehre und Schall. Autorisierte deutsche Ausgabe, bearbeitet von Prof. Dr. H. Fenkner. gr. 8°. XI, 358 S. m. 176 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1902. 8,00 M.

Im vorliegenden Buche, das gegen das holländische Original nur wenig verändert ist, wird zunächst auf 96 Seiten die Wellenlehre in zwei Abschnitten behandelt (I. Periodische Bewegungen und Zusammensetzung von Schwingungen; II. Fortpflanzung von Schwingungen). Bei der mathematischen Behandlung der Schwingungen vermeidet Verf. die höhere Mathematik, muß aber doch z. B. bei der Ableitung der Geschwindigkeit und Beschleunigung des

schwingenden Punktes die Differentialrechnung in versteckter Weise anwenden. Nachdem aus der gleichförmigen Kreisbewegung die Gleichungen für die Pendelbewegung abgeleitet sind, werden die zusammengesetzten Schwingungsformen betrachtet, welche durch die Kombination von Wellen gleicher Richtung (Fouriersche Reihen) und von solchen verschiedener Richtung (Lissajoussche Figuren) entstehen. Hieran schließen sich erzwungene Schwingungen und Resonanzerscheinungen und am Schluß des ersten Abschnitts die Methoden zur Untersuchung periodischer Bewegungen (elektromagnetische Stimmgabel, Stroboskop, Vibroskop, phonisches Rad u. s. w.). Im zweiten Abschnitt werden die bekannten Wellenapparate besprochen, sowie im Anschluß daran die Fortpflanzung transversaler und longitudinaler Wellen und deren Messung in Flüssigkeiten und Gasen. Die Brechung und Spiegelung der Wellen wird nach dem Huyghensschen Prinzip behandelt, den Schluß bilden die stehenden Wellen. Hieran schließt sich dann in einem dritten Abschnitt von 100 Seiten die allgemeine Lehre vom Schall, worin zunächst die Sirenen besprochen werden, dann die musikalischen Verhältnisse der Töne, die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft und in Wasser, ferner Reflexion und Brechung des Schalls, das Dopplersche Prinzip, das Mittönen, die Analyse der Töne und die Klangfarbe derselben. Damit befindet man sich auf physiologischem Gebiet, das nun auch weiter behandelt wird in der Schallübertragung auf das Ohr, der Reizschwelle, den Grenzen der Hörbarkeit hoher und tiefer Töne, den Schwebungen, Kombinationstönen u. s. w. Die beiden letzten Abschnitte (70 bezw. 80 Seiten) handeln von den Schwingungen fester Körper und von Flüssigkeiten und Gasen. Es seien hieraus erwähnt die Schwingungen von Saiten und Platten (Chladnische Figuren), die eingehend erläutert werden, die Schwingungen von Flüssigkeitsstrahlen, von Orgelpfeifen und Flammen, die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit durch Staubfiguren, singende Flammen und zum Schluß akustische Bewegungserscheinungen.

Wie man aus dem Vorstehenden erkennt, ist in dem Buche ein sehr reichhaltiges Material enthalten; die Benutzung desselben wird durch ein angehängtes Sach- und Namenregister erleichtert. Die Ausstattung des Buches ist, wie man es bei diesem Verlag gewohnt ist, eine sehr gute, das Verständnis des Gebotenen wird durch zahlreiche Figuren, worunter viele Holzschnitte sind, erhöht. Unter diesen findet man allerdings auch manche alte Bekannte aus physikalischen Lehrbüchern, die wohl, gerade weil sie in allgemeinen Werken zu finden sind, hier hätten wegbleiben können. Die Übersetzung ist glatt und läßt nichts Fremdsprachliches erkennen. Bei der mathematischen Behandlung werden häufig nur die Schlußformeln gegeben, da zu deren Ableitung höhere Mathematik notwendig gewesen wäre. Doch empfindet dies Ref. bei einem derartigen Spezialwerk als Mangel, da das tiefere Verständnis der physikalischen Vorgänge darunter oft leiden muß. *W. J.*

S. Lemström, *Sur la mesure des courants électriques de l'atmosphère par des appareils à pointes.* 4°. 81 S. m. 2 Taf. Helsingfors. 5,00 M.

L. Koenigsberger, Hermann v. Helmholtz. 2. u. 3. (Schluß-) Bd. gr. 8°. XIV, 383 S. m. 2 Bildnissen und X, 142 S. m. 4 Bildnissen u. e. Brieffacsm. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 8,00 u. 4,00 M.; geb. in Leinw. 10,00 u. 5,00 M.; in Halbfrz. 12,00 u. 7,00 M.

C. Bruhns, Neues logarithmisch-trigonometrisches Handbuch auf sieben Dezimalen. 6. Ster.-Ausg. gr. 8°. XXIV, 610 S. Leipzig, B. Tauchnitz 1903. Deutsche, engl., französ. u. italien. Ausgabe. Je 4,20 M.

Handbuch der Physik. 2. Aufl. Hrsg. v. Dr. A. Winkelmann. IV. Bd. 1. Hälfte. gr. 8°. Leipzig, J. A. Barth.

IV, 1. Elektrizität u. Magnetismus. I. Mit 142 Abbildgn. VI, 384 S. 1903. 12,00 M.

Bibliothek, Photographische. 18. Bd. gr. 8°. Berlin, G. Schmidt.

18. C. Kaiserling, Lehrb. d. Mikrophotographie nebst Bemerkungen üb. Vergrößerung u. Projektion. VIII, 179 S. m. 54 Abbildgn. 1903. 4,00 M.; geb. 4,50 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **Juli 1903.** Siebentes Heft.

Die Durchlässigkeit einer Anzahl Jenaer optischer Gläser für ultraviolette Strahlen.

Von
Dr. **H. A. Krüss** in Hamburg.

Die mit der Zeit immer mehr gesteigerten Anforderungen, die von seiten der Photographie und verwandter Gebiete an die Lichtdurchlässigkeit des optischen Glases im allgemeinen und im besonderen für die chemisch wirksamen Strahlen gestellt werden, sowie die größere Vervollkommnung, die die optische Glasindustrie in dieser Hinsicht zu erreichen sucht und zum Teil schon erreicht hat, machen es nötig, die Bestimmung der optischen Konstanten der Gläser über den bisher gewohnten Bereich des sichtbaren Spektrums hinaus zu erweitern.

Nachdem in dieser Beziehung von verschiedenen Seiten die Dispersionsmessungen an optischem Glas bis ins Ultraviolett hinein erstreckt worden sind, erschien es von Interesse, auch die Absorption quantitativ ins Ultraviolett hinein zu verfolgen.

In der vorliegenden Arbeit, die auf Anregung von Hrn. Prof. Straubel im Physikalischen Institut der Universität Jena unternommen wurde, ist der Absorptionsverlauf von 10 Gläsern, die sämtlich aus dem Jenaer Glaswerk von Schott & Gen. stammten, in dem Bereich von $\lambda = 480\ \mu\mu$ bis $\lambda = 309\ \mu\mu$ bestimmt worden.

Literatur-Übersicht.

Im sichtbaren Teil des Spektrums ist die Absorption von Glas für unzerlegtes Licht oder Licht nicht definierter Wellenlänge, das einem größeren Spektralbereich entnommen war, verschiedentlich bestimmt worden. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Untersuchungen finden sich kritisch dargestellt bei Krüss, Über den Lichtverlust in sogenannten durchsichtigen Körpern[1]). Bunsen und Roscoe[2]), Hankel[3]) und Miethe[4]) beschäftigten sich mit der Absorption der chemisch wirksamen Strahlen, die beiden letzteren unter Benutzung ihrer photographischen Wirkung. Qualitativ, aber für spektral zerlegtes Licht und mit besonderer Berücksichtigung des Ultraviolett zwecks Feststellung der Grenzen der Durchlässigkeit, wurde die Absorption optischer Gläser untersucht von Chardonnet[5]), Schjerning[6]), Eder und Valenta[7]),

[1]) Krüss, *Abhandlgn. d. Naturw. Vereins in Hamburg* ***11.*** *S. 1. 1889.*
[2]) Bunsen und Roscoe, *Pogg. Ann.* ***108.*** *S. 193. 1859.*
[3]) Hankel, *Leipz. Abhandlgn. (Math.-phys. Kl. 6)* ***9.*** *S. 53. 1864.*
[4]) Miethe, Absorption chemischer Strahlen in Glas. *Eders Jahrb. d. Photogr.* ***5.*** *S. 168. 1891.*
[5]) Chardonnet, *Sur la transparence actinique des verres d'optique. Compt. rend.* ***94.*** *S. 1468. 1882.*
[6]) Schjerning, Über die Absorption der ultravioletten Lichtstrahlen durch verschiedene optische Gläser. *Dissertation, Berlin 1885.*
[7]) Eder und Valenta, *Denkschrift d. math.-naturw. Kl. d. Wien. Akad.* ***61.*** *1894.*

indem sie ein Spektrum durch die zu untersuchenden Glasstücke hindurch photographierten. Die beiden ersten benutzten das Sonnenspektrum, die letzteren das Linienspektrum des zwischen Elektroden der Ederschen Pb-Cd-Zn-Legierung übergehenden Induktionsfunkens.

Diesen qualitativen Bestimmungen der Durchlässigkeit optischer Gläser stehen einige quantitative gegenüber für nach der Wellenlänge definiertes Licht. Auf den sichtbaren Teil des Spektrums beschränken sich die Untersuchungen von Vierordt[1]), H. C. Vogel und G. Müller[2]), Krüss[3]), Nichols und Snow[4]). Vierordt und Krüss arbeiteten mit dem Doppelspaltphotometer, H. C. Vogel und G. Müller mit dem Glanschen Spektralphotometer. Die Resultate von Krüss sind insofern bemerkenswert, als in ihnen der Lichtverlust ausgedrückt ist, der allein durch Absorption entsteht, indem durch eine dahin zielende Modifikation der Vierordtschen Anordnung der Lichtverlust durch Reflexion eliminiert wurde.

Die einzige Arbeit, die ihre absoluten Messungen bis ins Ultraviolett hinein erstreckt, ist die von H. C. Vogel[5]), der die Absorptionsverhältnisse der zu dem großen Objektiv des Potsdamer Refraktors verwendeten Gläser hinsichtlich seiner Verwendung zu photographischen Aufnahmen untersuchte. Im sichtbaren Teil von $\lambda = 677\ \mu\mu$ bis $436\ \mu\mu$ wurde mit dem Glanschen Photometer beobachtet, im brechbareren Teil von $\lambda = 434\ \mu\mu$ bis $375\ \mu\mu$ geschahen die Messungen auf photographischem Wege. Die zu untersuchenden Glasplatten wurden von zylindrischen Strahlenbündeln durchsetzt, sodaß kein zerstreutes Licht durch Reflexion an den Seitenflächen entstehen konnte. Der Einfluß der Reflexion an der Ein- und Austrittsfläche der Lichtstrahlen wurde nach der Fresnelschen Formel unter Zugrundelegung mittlerer Brechungsexponenten berechnet. Als Lichtquelle diente eine Petroleumlampe. In der nachstehenden Tabelle sind für vier dem Jenaer Glaswerk entstammende Gläser die den Vogelschen Angaben entnommenen Durchlässigkeitsfaktoren für 100 *mm* Glasdicke aus dem Bereich $\lambda = 434\ \mu\mu$ bis $375\ \mu\mu$ wiedergegeben.

λ $\mu\mu$	Flint O. 340	Flint O. 102	Kron O. 203
434	0,569	0,502	0,667
419	0,411	0,463	0,611
400	0,614	0,167	0,695
390	0,456	0,025	0,583
375	0,388		0,583

Das Leichtflint O. 340 und das Kron O. 203 zeigen hiernach je ein Absorptionsband bei $\lambda = 419\ \mu\mu$. Was im allgemeinen den Absorptionsverlauf der optischen Gläser angeht, so fand Vogel die Beobachtung von Eder und Valenta bestätigt, wonach die Absorption nicht gleichmäßig wächst mit abnehmender Wellenlänge, sondern über längere Spektralbereiche nahezu konstant bleibt, um dann sprungweise zuzunehmen, sodaß, zumal bei größeren Glasdicken, ein fast plötzliches Aufhören der Lichtdurchlässigkeit eintritt.

---

[1]) Vierordt, Die quantitative Spektralanalyse. Tübingen 1876.

[2]) H. C. Vogel und G. Müller, *Monatsber. d. Berl. Akad. 1877. S. 138.*

[3]) Krüss, *a. a. O.*

[4]) Nichols und Snow, *On the selective Absorption of optical Glass. Phil. Mag.* **33.** *S. 379. 1892.*

[5]) H. C. Vogel, *Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1896. S. 1219.*

Methoden.

Von Methoden zur Bestimmung absoluter Absorptionskoeffizienten im Ultraviolett ist im wesentlichen die photographische in den Arbeiten von Simon[1]) und Glatzel[2]) ausgearbeitet.

Beim Simonschen Verfahren ist das Photometer im wesentlichen ein Doppelspaltphotometer, bei dem vor die eine Hälfte des Spektralspaltes das Absorbens gebracht wird, und bei dem die durch die andere Hälfte eintretende Lichtintensität durch eine rotierende Sektorscheibe entsprechend abgeschwächt werden kann. Die Registrierung der Intensitätsunterschiede geschieht photographisch. Der Schwächungsfaktor der Sektorscheibe ist während des Versuches kontinuierlich veränderlich, ebenso wird kontinuierlich die photographische Platte vor dem Okularspalt vorbei gezogen, sodaß auf derselben zwei aneinander grenzende Schwärzungsstreifen entstehen und jeder Stelle dieses Streifens ein ganz bestimmter Schwächungsfaktor der Sektorscheibe entspricht. Zur Auffindung derjenigen Stelle, wo beide Streifen dieselbe Schwärzung haben, wo also die durch Absorption und die Sektorscheibe bewirkten Schwächungen der einfallenden Lichtintensität dieselben gewesen sind, dient ein von Simon konstruierter Helligkeitskomparator. Um die Unterschiedsschwelle des beobachtenden Auges vollständig auszunutzen, die am kleinsten ist, falls die beiden in ihrer Intensität zu vergleichenden Flächen ohne Trennungslinie aneinander grenzen, wurde nicht die Schwärzung der beiden Streifen an der Trennungslinie verglichen. Durch eine optische Vorrichtung wurden von zwei halbkreisförmigen Ausschnitten aus der Mitte der beiden Streifen zwei dicht neben einander liegende Bilder erzeugt und diese miteinander verglichen. Quantitativ bestimmt wurde nach dieser Methode das Absorptionsspektrum einer wässerigen Kaliumnitratlösung.

Modifiziert wurde die Simonsche Anordnung von Glatzel mit dem Hinweis, daß bei intermittierender Belichtung, wie sie dort stattfindet, das Bunsen-Roscoesche Schwärzungsgesetz nicht mehr gilt. Er ersetzte deshalb den Lichtschwächungsapparat Simons durch den Vierordtschen Doppelspalt. Im übrigen sind die beiden Verfahren im wesentlichen dieselben. Glatzel bestimmte die Absorption einer Reihe organischer Flüssigkeiten, sowie von einer Kaliumnitratlösung.

Auf ganz anderem Wege wurde die Absorption von Wasser und einer Anzahl von Gasen im Ultraviolett untersucht von Kreusler[3]). Derselbe benutzte den photoelektrischen Effekt in der Nähe des Funkenpotentials zur Ausbildung eines Photometrierverfahrens, das im Gegensatz zu allen bisherigen eine objektive Beobachtung gestattet. Wegen des Näheren über die Anordnung muß auf die betreffende Dissertation verwiesen werden.

Im Gegensatz zu diesen Methoden wird in der vorliegenden Arbeit zurückgegangen auf das ursprüngliche Verfahren, das allerdings bisher nur auf die qualitative Bestimmung der Absorptionsspektra im Ultraviolett Anwendung gefunden hat, auf die Benutzung der Fluoreszenz erregenden Eigenschaften der ultravioletten Lichtstrahlen.

Das zu den vorgezeichneten Glasuntersuchungen brauchbare Spektralphotometer mußte im allgemeinen die folgenden Anforderungen erfüllen.

Die ganze Optik mußte aus ultraviolettdurchlässigem Material bestehen, da die Gläser bis an die Grenzen ihrer Durchlässigkeit hin untersucht werden sollten.

---

[1]) Simon, *Wied. Ann.* **59.** *S. 91. 1896*; vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **18.** *S. 26. 1898.*

[2]) Glatzel, *Phys. Zeitschr.* **1.** *S. 285. 1900*; **2.** *S. 173. 1901.*

[3]) Kreusler, *Dissertation. Berlin 1901.*

Das Photometer im besonderen mußte die Lummer-Brodhunschen Photometergrundsätze[1]) erfüllen, wonach jedes der zu vergleichenden Photometerfelder nur Licht von einer Lichtquelle erhalten darf, die Grenze, in der die beiden Felder zusammenstoßen, möglichst scharf sein und im Moment der Gleichheit vollständig verschwinden muß.

Ferner mußte das Verhältnis der Intensitäten der beiden photometrisch zu vergleichenden Lichtbündel unabhängig sein von den unvermeidlichen Schwankungen der Intensität der Lichtquelle, d. h. die beiden Lichtbündel mußten ihren gemeinsamen Ursprung haben in dem Lichte, das von demselben Punkte der Lichtquelle in derselben Richtung ausgestrahlt wird. Diese Bedingung schloß aus die oft bei quantitativ-spektralanalytischen Bestimmungen gemachte Anwendung des primären Doppelspaltes. Sie konnte erfüllt werden, indem Spektralapparat und Photometer vollständig getrennt und hinter einander geschaltet wurden.

Die Anordnung sollte die Untersuchung beliebig langer Glasstücke ermöglichen unter Ausschaltung des Lichtverlustes, der außer durch Absorption durch Reflexion entsteht. Es ließ sich dieses erreichen, indem man das Licht in zylindrischen Strahlenbündeln durch parallelepipedisch geformte Glasstücke hindurchgehen ließ, und zwar derart, daß keine Reflexion im Innern zustande kommen konnte, außer der Reflexion an der Ein- und Austrittsfläche. Um von der letzteren unabhängig zu werden, waren derartig geformte Glasstücke in gleicher Orientierung, aber verschiedener Dicke in die beiden Lichtwege zu bringen. Die dadurch herbeigeführte Änderung ihres Intensitätsverhältnisses ist dann allein bewirkt durch Absorption in einem Glasstück, dessen Dicke gleich der Differenz der Dicken der beiden benutzten ist.

Apparat.

Die Anordnung des zu den vorliegenden Untersuchungen benutzten Apparates, der nach den Angaben von Hrn. Prof. Straubel in der Werkstätte der Firma Carl Zeiss in Jena ausgeführt worden ist, war demgemäß die folgende (vgl. Fig. 1 u. 2).

Von der Lichtquelle L wird durch die Linse l_1 ein Bild auf dem verstellbaren Spalt s_1 entworfen. Dieser befindet sich in der Brennebene des Objektives l_2. Das Parallelstrahlenbündel durchsetzt die zwei gleichseitigen Prismen p_1 und p_2 und wird durch ein gleiches Objektiv l_2 wieder konvergent gemacht. In der Brennebene desselben liegt der verstellbare Spalt s_2, hinter dem der drehbare Nicol N befestigt ist. In der Entfernung ihrer Brennweite von s_2 befindet sich die Linse l_3; das aus ihr austretende Parallelstrahlenbündel trifft auf die Blende b_1, die symmetrisch zur Achse des Apparates zwei kreisförmige Öffnungen von 5,5 *mm* Durchmesser besitzt, deren innere Ränder um 6 *mm* voneinander entfernt sind. Hinter jeder Blendenöffnung befindet sich ein Polarisator, P_1 und P_2, deren Polarisationsebenen senkrecht aufeinander stehen. Die beiden in sich und zueinander parallelen Bündel durchsetzen die beiden in ihrer Absorption zu vergleichenden Glasstücke g_1 und g_2 und gehen dann durch die beiden Biprismen p_3 und p_4, die beide mit der den zwei sie zusammensetzenden Einzelprismen gemeinsamen Kante dem einfallenden Licht entgegengerichtet sind. In derselben Ebene mit der Kante von p_4 befindet sich die in ihrer Öffnung verstellbare Okularblende b_2. Das aus dem Biprisma p_4 parallel der Achse des Apparates austretende Lichtbündel geht durch den Analysator A, der mit einer Alhidade verbunden auf einem Teilkreise drehbar ist. Dahinter folgt die Projektionslinse l_4,

[1]) Lummer und Brodhun, *diese Zeitschr.* **9.** *S. 42. 1889.*

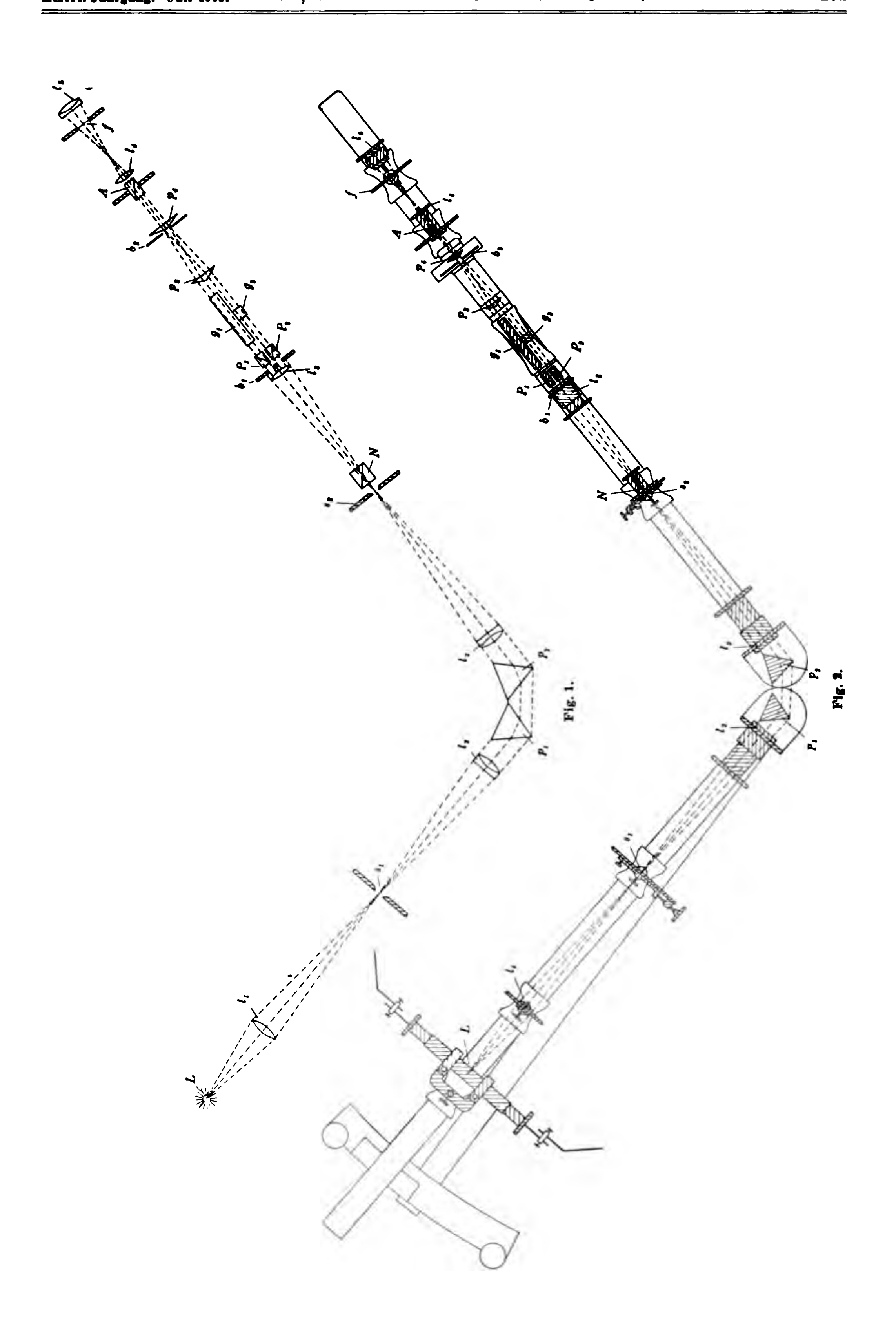


Fig. 1.

Fig. 2.

die von der Kante des Biprismas p_4 und der Blende b_2 ein Bild entwirft von gleicher Größe wie das Objekt. Dieses Bild wird betrachtet durch die sechsfach vergrößernde Lupe l_5. Im Bereich des nicht direkt sichtbaren Strahlengebietes wird das von l_4 erzeugte Bild der Blende b_2 zunächst auf einen Fluoreszenzschirm f entworfen und das Fluoreszenzbild dann mit der Lupe betrachtet.

Diese einzelnen optischen Teile des Apparates waren teils für sich, teils zu mehreren gemeinsam auf Reitern montiert und diese auf zwei optischen Bänken verschiebbar. Die eine trug die Lichtquelle L, die Linse l_1, den Spalt s_1 und das Objektiv l_2 mit dem Prisma p_1 und war auf einem Gradbogen drehbar um eine Achse, die durch den Mittelpunkt von p_1 hindurchging. Auf der zweiten, feststehenden Bank befanden sich die übrigen Teile. Die Linse l_3 mit der Blende b_1, die Polarisatoren P_1 und P_2, sowie die Biprismen waren für sich wieder auf einer kleineren optischen Bank angebracht. p_3 und p_4 waren auf Schlitten in der Längsrichtung, p_4 außerdem senkrecht dazu verschiebbar. Auch die zu untersuchenden Glasstücke wurden auf einem Schlitten auf diese kleinere Bank gebracht. Solange es sich um Stücke von mehr als 10 *mm* Länge handelte, wurden sie durch seitlich am Schlitten angebrachte Federn einfach gegen einander gedrückt, wodurch zugleich die Parallelität ihrer Endflächen gewährleistet wurde. Bei einer geringeren Länge als 10 *mm* — der Querschnitt war stets 15 *qmm* — war diese Anbringung nicht mehr angängig, da die Fläche, mit der die beiden Stücke gegen einander lagen, zu schmal wurde. Es wurde von da ab ein Einsteckrahmen benutzt, der auf einem Schlitten befestigt war.

Die sämtlichen Linsen und Prismen bis auf die Lupe l_5 waren aus durchlässigem Material, aus Quarz bezw. Flußspat. Die Linsen l_1 und l_4 sowie die beiden Prismen p_1 und p_2 bestanden aus natürlichem Quarz. Die beiden Prismen hatten 30×55 *mm* Öffnung, die optische Achse verlief senkrecht zur Halbierungsebene des brechenden Winkels. Es waren einfache, keine Cornusche Doppelprismen; da es nicht auf eine äußerst scharfe Definition der Spektrallinien ankam, weil stets mit verhältnismäßig weit geöffnetem Spalt gearbeitet wurde, so kam die geringe Doppelbrechung der nahezu in Richtung der optischen Achse durchgehenden Strahlen nicht in Betracht. Die beiden Objektive l_2 waren zwei für das benutzte Bereich achromatische Quarz-Flußspat-Objektive von 300 *mm* Brennweite und 42 *mm* Öffnung.

Innerhalb des eigentlichen Photometers, d. h. zwischen dem Nicol N und dem Analysator A war die Verwendung des natürlichen Quarzes wegen seiner optischen Aktivität ausgeschlossen. Es bestanden deshalb die Linse l_3 und die beiden Biprismen aus geschmolzenem Quarz; l_3 hatte eine Brennweite von 210 *mm* und 27 *mm* Öffnung; in den beiden Biprismen war der brechende Winkel der jedes Prisma zusammensetzenden Einzelprismen $9^0\,14'$.

Die sämtlichen Nicols hatten planparallele Endflächen; sie waren gekittet mit dickflüssigem Glyzerin, da nach den Untersuchungen von Eder und Valenta eine dünne Schicht Kanadabalsam schon von der Wellenlänge $\lambda = 298\,\mu\mu$ an abwärts alle Strahlen absorbiert, während nach Schumann der absorbierende Einfluß einer 0,1 *mm* dicken Glyzerinschicht oberhalb $\lambda = 227\,\mu\mu$ nicht nachweisbar ist. Die Glyzerinkittung erwies sich jedoch als nicht sehr haltbar, indem einmal das Glyzerin schlecht an den Kalkspatflächen zu haften schien, sodaß mit der Zeit eine Trennung und Eindringen von Luftblasen in die Kittschicht erfolgte, dann aber, indem der Lack, mit dem die Nicols äußerlich geschwärzt werden mußten, in die flüssig bleibende Kittschicht hineindrang und sie undurchsichtig machte. Es wurde deshalb nach vielen

Neukittungen gegen Schluß der Arbeit der Analysator mit Senföl gekittet, das als Kitt sehr viel geeigneter als Glyzerin ist und bei $\lambda = 280\ \mu\mu$ erst etwa $^1/_3$ des auffallenden Lichtes in der dünnen Kittschicht absorbiert.

Lichtquelle.

Als Lichtquelle wurde der Induktionsfunken zwischen Metallelektroden benutzt; die zum Teil äußerst intensiven Linien der Metallspektren im Ultraviolett sind ganz besonders geeignet zur Erzeugung monochromatischen Lichtes.

In den Primärkreis eines Induktionsapparates mittlerer Größe war ein elektrolytischer Unterbrecher nach Wehnelt, in den Sekundärkreis parallel zur Funkenstrecke eine große Leydener Flasche eingeschaltet. Als Elektroden wurden verwendet Cd, Mg, Zn, Al, Fe in Stangen von etwa 5 *mm* Dicke, die an den Enden konisch zugefeilt waren. Der Betriebsstrom im Primärkreise hatte eine Spannung von 66 Volt und eine Stromstärke von 8 bis 10 Amp., die Größe der Funkenstrecke betrug 2 bis 4 *mm*. In dieser Anordnung wurde bei richtiger Anpassung der Länge des Platinstiftes im Unterbrecher an den Primärkreis ein dem Lichtbogen äußerlich sehr ähnlicher kontinuierlicher Funkenübergang von großer Lichtintensität erzielt.

Bei zu kurzer Funkenstrecke erfuhr der Funke eine eigenartige Deformation. Während er bei normaler Stellung die Form einer Kugel hatte, erschien er hier in ein schmales Band gezogen, gleichsam wie in die Elektroden hineingesogen. Dabei erlitt die Oberfläche der Elektroden eine eigentümliche Veränderung, sie wurde rauh, als ob größere Teile daraus herausgerissen wären. Bei zu großer Funkenstrecke trat ein Herumflackern des Funkens ein, während er in der Mittelstellung, die einen Spielraum von etwa 1 bis 2 *mm* umfaßte, vollständig in Ruhe blieb. Die Vergrößerung der Funkenstrecke durch Abnutzung der Elektroden, innerhalb dieser Grenzen, während mehrerer zusammengehöriger hinter einander gemachter Beobachtungen konnte keinen Einfluß auf die Lichtverteilung im Apparat haben, da sie symmetrisch erfolgte.

Die Elektroden waren befestigt in je einem der Länge nach durchbohrten Holzzylinder, die in einem Messingrohr verschiebbar waren, das in der Mitte eine kreisrunde Öffnung für den Austritt des Lichtes besaß. Es war in horizontaler Stellung in einem Halter festgeklemmt, der mit einem Reiter auf der optischen Bank anzubringen und zu verschieben war. So war es leicht, die Lichtquelle jeweils in die richtige Stellung zum Apparate zu bringen.

Verwendete Spektrallinien.

Der Spektralbereich für die vorliegenden Untersuchungen ist der Bereich von $\lambda = 480\ \mu\mu$ bis $\lambda = 309\ \mu\mu$ als der Bereich derjenigen Strahlen, die die Hauptwirkung auf die gewöhnliche Gelatine-Trockenplatte ausüben, und zugleich als der Bereich von der beginnenden merklichen Absorption optischer Gläser bis an die Grenzen der Durchlässigkeit der Mehrzahl von ihnen.

Gemessen wurde die Absorption in Intervallen von durchschnittlich $20\ \mu\mu$; nur zwischen $\lambda = 448\ \mu\mu$ und $\lambda = 396\ \mu\mu$, wo der Absorptionsverlauf bei einer Reihe von Gläsern Abweichungen von dem sonstigen regelmäßigen Verlauf zeigte, wurden diese Abstände auf $10\ \mu\mu$ verringert. Für die Auswahl der Spektrallinien, die in oder nahe diesen Intervallen als monochromatische Lichtquellen benutzt werden sollten, kam in erster Linie in Betracht ihre Intensität und ihre möglichste Isoliertheit von näher gelegenen Linien merklicher Intensität. Beides war wesentlich vor allem im ultra-

violetten Teil des Spektrums, wo die zunehmende Absorption der Gläser größere Lichtintensität erforderte, und wo infolgedessen der Spalt s_2 vor dem Photometer bis auf 2 *mm* geöffnet werden mußte.

Für alle oben bezeichneten Intervalle ließen sich entsprechende geeignete Spektrallinien finden. Nur in der Gegend von $\lambda = 425\ \mu\mu$ ist man allein auf das Pb angewiesen, das hier allerdings drei kräftige Linien zeigt bei $\lambda = 439\ \mu\mu$, $\lambda = 425\ \mu\mu$, $\lambda = 406\ \mu\mu$, das sich aber als Elektrode nicht gut verwenden läßt, da es die oben erwähnte Korrosion der Oberfläche beim Funkenübergang und die Deformation des Induktionsfunkens auch bei größerer Funkenstrecke in starkem Maße zeigt. Es wurde deshalb folgender Ausweg eingeschlagen. Als Lichtquelle wurde das Eisenspektrum benutzt, indem der Primärspalt so weit (auf ungefähr $^3/_4$ *mm*) geöffnet wurde, daß die in der Umgebung von $\lambda = 425\ \mu\mu$ zahlreich dicht neben einander liegenden Eisenlinien in eine Bande zusammenfielen. Dann wurde etwas metallisches Pb auf die Spitzen der Eisenelektroden gebracht, sodaß auf kurze Zeit die hellen Bleilinien erschienen, mittels derer dann eingestellt wurde auf $\lambda = 425\ \mu\mu$ und $\lambda = 406\ \mu\mu$, sowie auf die Mitte zwischen $\lambda = 425\ \mu\mu$ und $\lambda = 406\ \mu\mu$ und die Stelle $\lambda = (439 - {}^1/_3 - 425)\ \mu\mu$. Es wurde so, wenn auch nicht ganz monochromatisch, Licht erhalten mit den Wellenlängenschwerpunkten $\lambda = 434\ \mu\mu$, $425\ \mu\mu$, $415\ \mu\mu$, $406\ \mu\mu$, also in Intervallen von $10\ \mu\mu$.

Damit waren die benutzten Spektrallinien mit den Wellenlängen nach Exner und Haschek[1]):

λ in $\mu\mu$	Metall
480,01	Cd
467,83	Cd
448,13	Mg
434	Fe (Pb)
425	Fe (Pb)
415	Fe (Pb)
406	Fe (Pb)

λ in $\mu\mu$	Metall
396,17	Al
383,85	Mg
383,25	Mg
361,07	Cd
346,63	Cd
330,29	Zn
309,28	Al

Die Breite des Photometerspaltes s_2 war im ganzen sichtbaren Bereich von $\lambda = 480\ \mu\mu$ bis $396\ \mu\mu$ nicht ganz 0,5 *mm*, mit der schon erwähnten Ausnahme bei $\lambda = 425\ \mu\mu$, wo sie 0,75 *mm* betrug. Bei der Mg-Linie $\lambda = 384\ \mu\mu$ genügte noch eine Spaltbreite von 1 *mm*, während von da an abwärts mit 2 *mm* Spaltbreite gearbeitet

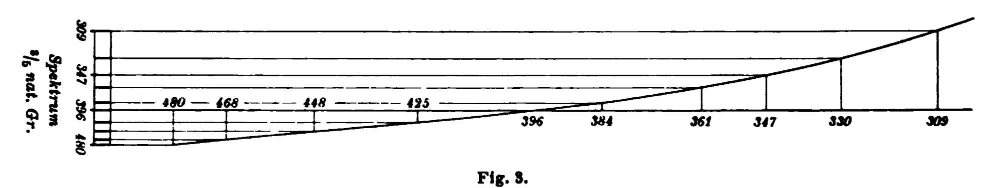


Fig. 3.

werden mußte. Die Breite des Spektralspaltes s_1 war stets etwas größer als die von s_2, sodaß der Photometerspalt die äußersten Ränder der auf ihm entworfenen Spektrallinien abblendete.

Die lineare Dispersion der beiden Quarzprismen in Verbindung mit den beiden Objektiven von 300 *mm* Brennweite ist für die Minimumstellung für die Al-Linie $\lambda = 396\ \mu\mu$ in Fig. 3 dargestellt. Als Abszissen sind die Wellenlängen aufgetragen, als Ordinaten die auf Grund der Brechungsexponenten des Quarzes berechneten

[1]) Exner und Haschek, Über die ultravioletten Funkenspektra der Elemente. *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien.* **106,** *IIa. 1897.*

linearen Dispersionen gegen die Al-Linie $\lambda = 396\ \mu\mu$. Es waren bei dieser Prismenstellung und bei einer Spaltbreite von 2 *mm* die beiden Cd-Linien $\lambda = 361\ \mu\mu$ und $\lambda = 347\ \mu\mu$ eben noch durch einen dunklen Zwischenraum voneinander getrennt.

Prinzip des Photometers.

Durch das im Spektralapparat spektral zerlegte Licht der Lichtquelle *L* wird der Photometerspalt s_2 mit monochromatischem Licht beleuchtet. Dieses, aus s_2 austretend, wird durch den Nicol *N* geradlinig polarisiert und durch die Linse l_3, die Blende b_1 sowie die beiden Polarisatoren P_1 und P_2 in zwei Parallelstrahlenbündel zerlegt, die senkrecht zueinander polarisiert der optischen Achse des Apparates parallel verlaufen. Sie durchsetzen je einen der beiden in ihrer Absorption zu vergleichenden Körper. Um dieses Absorptionsverhältnis bestimmen zu können, muß das Intensitätsverhältnis dieser beiden Parallelstrahlenbündel meßbar sein. Es wird erreicht durch die beiden Biprismen p_3 und p_4 in Verbindung mit dem Analysator *A* in folgender Weise (Fig. 4).

Durch das erste Biprisma p_3 werden die beiden Parallelstrahlenbündel zum Durchkreuzen gebracht. An der Stelle, wo sie einen gemeinsamen Querschnitt besitzen, befindet sich das Biprisma p_4, sodaß seine vordere Kante durch die Mitte dieses Querschnittes geht. Durch die Brechung in p_4 wird jedes Parallelstrahlenbündel in zwei zerlegt, von denen je eins in der Richtung der optischen Achse des Apparates und in dieser sich mit dem anderen berührend weitergeht, während die beiden anderen Hälften divergieren. Das achsiale Lichtbündel geht durch den Analysator *A*, die beiden anderen werden durch die Fassung desselben abgeblendet.

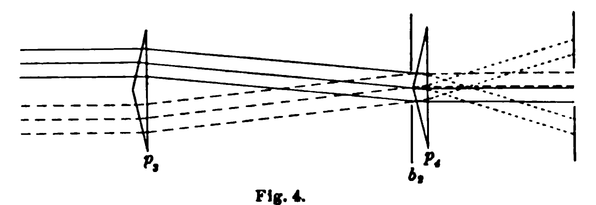


Fig. 4.

Stellt man nun durch das System ($l_4\ l_5$) ein auf die vordere Kante des Biprismas p_4, so sieht man im Gesichtsfeld in dieser Kante zusammenstoßend zwei halbkreisförmige Felder, die mit senkrecht zueinander polarisiertem Licht beleuchtet sind. Die an der Kontrastlinie liegenden Teile der Felder sind durch das Licht beleuchtet, das durch die Mitten der beiden Blendenöffnungen von b_1 gegangen ist. Die für die photometrische Vergleichung sehr wesentliche regelmäßige Begrenzung der Vergleichsfelder wird bewirkt durch die viereckige Blende b_2, die mit der vorderen Kante von p_4 in einer Ebene liegend ebenfalls scharf im Gesichtsfeld abgebildet wird. Die Größe der Blendenöffnung war im ganzen sichtbaren Spektralbereich 1 *qmm*, im unsichtbaren, d. h. solange mit Fluoreszenzschirm im Okular gearbeitet wurde, 2 *qmm*.

Durch Drehung des Analysators ist jedes Intensitätsverhältnis der beiden Photometerfelder herstellbar. Andrerseits ist es unter Voraussetzung, daß die aus der Blende b_1 austretenden beiden Bündel gleiche Intensität haben und dann zwei verschieden absorbierende Körper durchsetzen, ermöglicht, das dadurch bewirkte Intensitätsverhältnis durch den Winkel zu ermitteln, um den der Analysator gedreht werden muß, wenn einmal ohne und dann mit Absorbens auf Gleichheit der Vergleichsfelder, d. h. auf Verschwinden der Kontrastlinie eingestellt wird.

Diese Photometeranordnung entspricht den Lummer-Brodhunschen Bedingungen. Die beiden Photometerfelder erhalten Licht von nur je einer Lichtquelle, sie stoßen ohne materielle Trennungslinie aneinander; die Kontrastlinie ist bei richtiger

Einstellung vollkommen scharf, da sich die Kante zweier wie hier unter einem Winkel von 161° 32′ zusammenstoßender Flächen technisch noch vollkommen herstellen läßt, und diese Kontrastlinie, da sie nur eine solche ist, verschwindet bei gleicher Intensität der Beleuchtung der beiden Felder.

Fluoreszenzschirm.

Für die Brauchbarkeit der oben beschriebenen Photometriermethode auch im ultravioletten Strahlengebiet war wesentlich die Wahl eines geeigneten Fluoreszenzmittels. Das sonst bei Untersuchungen im Ultraviolett vielfach angewendete Uranglas kam hier nicht in Betracht, da die stärkere Fluoreszenz desselben erst etwas oberhalb $\lambda = 300\ \mu\mu$ beginnt.

Es wurden zunächst Versuche angestellt mit dem Kaliumsalz des Fluoreszeins gelöst in Glyzerin, das in dem ganzen benutzten Bereich eine äußerst intensive grüne Fluoreszenz zeigt. Es wurde in 0,5 *mm* dicker Schicht in einer Quarzküvette in den Strahlengang gebracht an die Stelle, wo innerhalb des Okulares das reelle Bild des Photometerfeldes entworfen wird. Trotz großer Intensität des Fluoreszenzlichtes war es jedoch nicht möglich, in der Durchsicht die Kontrastlinie der beiden Vergleichsfelder auch nur einigermaßen scharf zu erhalten. Es scheint dies seine Erklärung darin zu finden, daß das von dem auf der Vorderseite der Fluoreszenzschicht erzeugten scharfen Bilde sich nach allen Seiten hin diffus ausbreitende Fluoreszenzlicht die scharfen Konturen verwischt. Es wird dieses immer bildverschlechternd auftreten bei einer derartigen Anordnung, wo das Fluoreszenzbild durch die fluoreszierende Substanz hindurch betrachtet wird. Es lassen sich aber die Verhältnisse erheblich verbessern, wenn man die seitliche Ausbreitung des Fluoreszenzlichtes erschwert, indem man z. B., anstatt eine fluoreszierende Flüssigkeit zu benutzen, ein Fluoreszenzmittel trocken in sehr dünner Schicht auf oder in einem durchscheinenden Schirme verteilt.

Es wurde so nach dem Vorgange von Schönn[1]) ein Schirm von feinem Pauspapier hergestellt, das mit einer ziemlich konzentrierten Lösung von doppelt-schwefelsaurem Chinin durchtränkt und dann getrocknet war. Das so behandelte Pauspapier erlitt in seiner Durchsichtigkeit fast keine Einbuße und zeigte im Ultraviolett auf der Vorder- wie auf der Rückseite die gleiche intensive blaue Fluoreszenz, die kaum hinter der grünen des Fluoreszeins zurücksteht. Das durch einen solchen Schirm hindurch mit der Lupe betrachtete Fluoreszenzbild erschien mit bedeutend größerer Schärfe, als wie das mit der Quarzküvette erhaltene. Die Schärfe war hinreichend für die Beobachtungen; es wurden daher sämtliche Untersuchungen im Ultraviolett mit Hülfe eines solchen Fluoreszenzschirmes ausgeführt.

In der Anwendung eines solchen für sichtbares Licht nur durchscheinenden Schirmes gegenüber der einer dünnen Flüssigkeitsschicht, die für sichtbare Strahlen verhältnismäßig gut durchlässig ist, liegt noch ein zweiter Vorteil. Denn falls, was sich vollständig schwer vermeiden läßt, den ultravioletten Strahlen Spuren diffusen Lichtes beigemengt sind, die dem sichtbaren Teil des Spektrums entstammen, wird sich bei Absorptionsbestimmungen ein Fehler ergeben, der bestimmt wird durch das Verhältnis der Intensität des diffusen Lichtes zu der des erregten Fluoreszenzlichtes. Gestatten nun beide Anordnungen die gleiche Ausnutzung der fluoreszenzerregenden Kraft der ultravioletten Strahlen, so wird durch den Fluoreszenzschirm das diffuse

[1]) Schönn, *Wied. Ann.* **9.** *S. 483. 1880.*

Licht in seinem Verhältnis zum Fluoreszenzlicht mehr geschwächt werden, als durch die fluoreszierende Flüssigkeitsschicht. Der durch die Beimengung des diffusen Lichtes bewirkte Fehler wird im ersten Falle demnach bedeutend geringer sein als im zweiten. Ich glaube, daß es zu einem nicht unwesentlichen Teil der Anwendung dieses Fluoreszenzschirmes zuzuschreiben ist, wenn es, wie es noch weiter ausgeführt werden wird, gelang, von dem Einfluß des diffusen Lichtes gänzlich unabhängig zu werden.

In dem Bereich von $\lambda = 480\ \mu\mu$ bis zur Al-Linie $\lambda = 396\ \mu\mu$ wurde direkt beobachtet, von da an abwärts mittels Fluoreszenzschirm. Die Empfindlichkeit des Auges hätte auch noch hingereicht, um bei der sehr intensiven Mg-Linie $\lambda = 384\ \mu\mu$ direkt zu beobachten. Da die Empfindlichkeit hier jedoch schon ziemlich gering war und infolgedessen die Gefahr vorhanden war, daß etwa von der sehr intensiven violetten Mg-Linie $\lambda = 448\ \mu\mu$ stammendes diffuses Licht die Beobachtung fehlerhaft machen würde, so wurde schon hier mittels des Fluoreszenzschirmes beobachtet.

(Fortsetzung folgt.)

Eine ohne astronomische Bestimmungen und ohne Kompafs aufstellbare Sonnenuhr.

Von

Dr. H. Maurer in Hamburg.

Während meiner Tätigkeit als Meteorologe für Deutsch-Ostafrika trat an mich die Aufgabe heran, zuverlässige Zeitmesser für die Beobachtungsstationen in Innerafrika zu besorgen, wo eine Kontrolle durch astronomische Bestimmungen nicht durchführbar war. Mit guten Werkuhren ist dort wenig geholfen. Wird das rechtzeitige Aufziehen einmal versäumt, so wird eine anderweite Zeitbestimmung nötig; ferner muß auch die beste Werkuhr bei längeren Zeiträumen in ihrem Stand durch Zeitbestimmungen kontrolliert werden; und tritt gar irgend eine Störung im Uhrwerk ein, die ohne Uhrmacherfertigkeiten und technische Hülfsmittel nicht zu beseitigen ist, so ist vollends kein Rat.

Ich konstruierte deshalb eine Sonnenuhr, die ohne astronomische Bestimmungen, ohne Kompaß, da ja auch die erdmagnetische Deklination nicht überall bekannt ist, und ohne besondere Vorkenntnisse an jedem Ort richtig aufgestellt werden kann, wenn nur die geographische Breite etwa bis auf $^1/_2{}^0$ genau bekannt ist. Von diesen von der Firma A. Meißner in Berlin gebauten Sonnenuhren sind etwa 20 Stück in Deutsch-Ostafrika aufgestellt, wo sie sich gut bewährt haben. Eine kurze Beschreibung des Instruments möge hier gegeben sein.

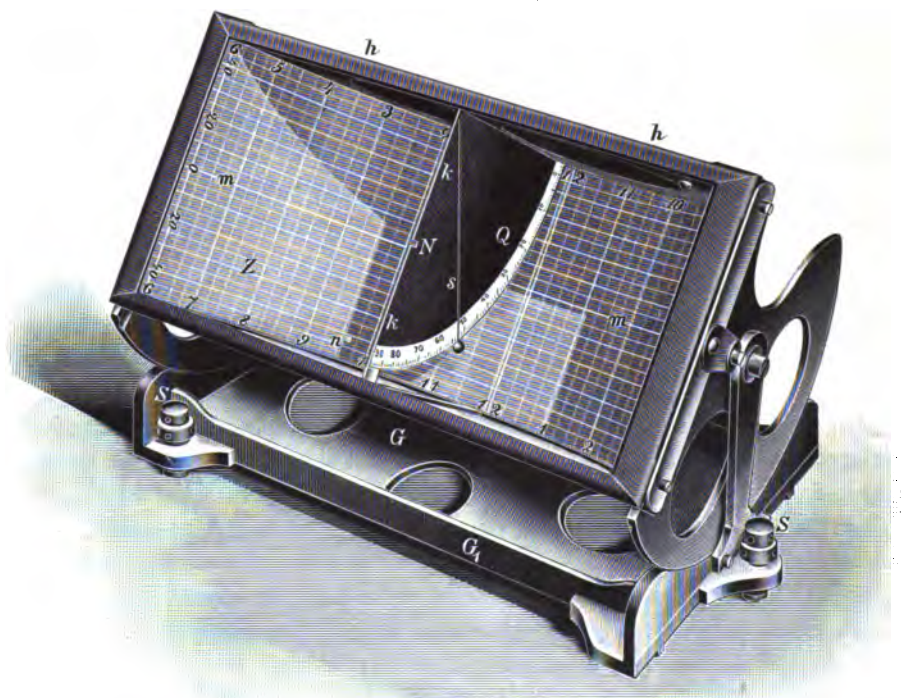
Die Sonnenuhr, die durch die umstehende Figur dargestellt wird, ist etwa 20 *cm* lang, 10 *cm* breit und ebenso hoch und läßt auf einem halbzylindrischen Zifferblatt Z die Zeit bis auf etwa eine Minute genau von morgens 6 bis abends 6 Uhr ablesen, falls die Sonne scheint. Sie muß so aufgestellt werden, daß die Achse des Halbzylinders, die schattenwerfende Kante $k\,k$, parallel zur Erdachse steht, während die Ebene des schattenwerfenden Quadranten Q vertikal ist. Die gehobene Kante $h\,h$ des Kastens muß auf der Nordhalbkugel nach Nord, auf der Südhalbkugel nach Süden hin liegen. In der richtigen Neigung gegen die durch Rippen G_1 versteifte Grundplatte G wird der Kasten fixiert.

Die richtige Aufstellung ist erreicht, wenn

1. das Senkel s, das im Sonnenuhrkasten am Quadranten Q herabhängt, an dessen Teilung die geographische Breite des Ortes anzeigt (in der Figur etwa 53^0);

2. das Senkel *s* die Fläche des Quadranten *Q* eben berührt, sodaß es bei einer ganz geringen Neigung der Grundplatte *G* mit Hülfe der in der Figur rechts sichtbaren Fußschraube *S* die Quadrantenfläche eben verläßt;

3. im Sonnenschein das Bild *n* der Nute *N*, die in der Mitte der Kante *k k* ausgeschnitten ist, auf dem Zifferblatt von dessen Mittellinie *m m* denjenigen Abstand hat, der dem betreffenden Kalendertag nach der Sonnendeklination entspricht. Im Sonnenuhrkasten findet sich eine Tabelle, aus der für jeden Tag des Jahres die Größe dieses Abstandes entnommen werden kann. Das Zifferblatt trägt hierzu außer der der Schattengrenze parallelen Teilung, die die Uhrzeit angibt, senkrecht dazu eine Teilung in *mm* (in der Figur ist diese Teilung nur bis auf halbe Zentimeter durchgeführt). Infolgedessen kann durch Drehen der ganzen Sonnenuhr auf ihrer Grundlage erreicht werden, daß das Bild *n* den verlangten Abstand von der Mittellinie *m m*



erhält (in der Figur etwa 42 *mm* nach Süd). Da im allgemeinen die Unterlage nicht völlig eben und horizontal sein wird, wird bei diesem Drehen die Genauigkeit der vorherigen Einstellungen wieder teilweise verloren gehen; man hilft deshalb durch Stellen an den Schrauben *S* und Neueinstellen der geographischen Breite am Senkel solange nach, bis alle drei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind. Die Richtigkeit der Aufstellung kann jederzeit aufs neue durch einen Blick kontrolliert werden. Eine sehr gute Kontrolle liegt darin, daß der Lichtfleck *n* im Laufe eines Tages eine Zylinderkreislinie beschreiben muß. Die Vorrichtung ersetzt in gewissem Sinne zugleich den Kompaß, vor allem da, wo man die erdmagnetische Deklination nicht kennt.

Bei der dauernden Aufstellung der Sonnenuhr empfiehlt es sich, sie auf einem gemauerten Pfeiler aufzustellen, auf dem in der Nacht ein Blechkasten zum Schutz des Instruments über die Uhr gestülpt und angeschlossen werden kann.

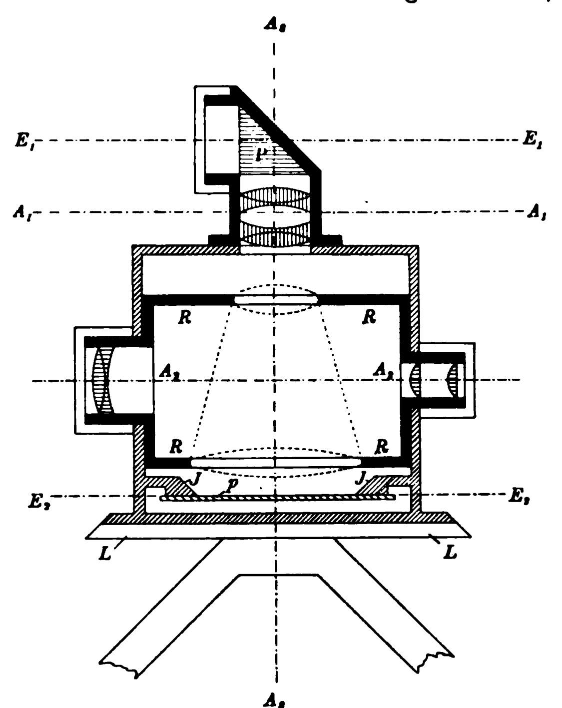
Man liest auf dem Zifferblatt an der geradlinigen Grenze des Schattens ab, den der Quadrant *Q* auf der inneren Zylinderfläche hervorbringt. Die Teilung ist bis auf 5 Minuten (in der Figur nur bis auf 15 Minuten) durchgeführt, und da ein solches

Intervall über 2 *mm* breit ist, können einzelne Minuten leicht geschätzt werden. In der Figur würde man 9 Uhr 32 Minuten ablesen (die am oberen Rand des Zifferblatts angegebene Stundenbezeichnung gilt für die südliche Halbkugel). Die so abgelesene Zeit ist wahre Sonnenzeit und unterscheidet sich von der mittleren Sonnenzeit oder bürgerlichen Zeit des Ortes um die Zeitgleichung, deren Betrag für die einzelnen Abschnitte des Jahres in einer zweiten Tabelle im Sonnenuhrkasten angegeben ist.

Über eine neue Phototheodolit-Konstruktion.

Von
Prof. W. Láska in Lemberg.

Während man heutzutage über den Wert der photogrammetrischen Aufnahmen ziemlich einig ist, beweisen die mannigfachsten Konstruktionen der Phototheodolite, daß man der Form eines Normalinstruments noch ziemlich ferne steht. Das beste Modell scheint jenes zu sein, bei welchem das Fernrohr exzentrisch angebracht ist, wobei an seine zentrische Stelle die Kamera tritt. Allein dann wird zur Eliminierung der Exzentrizität eine Messung in beiden Lagen des Fernrohrs nötig, worauf bei der Konstruktion des Instrumentes Bedacht zu nehmen ist. Trennt man die Kamera vom Fernrohr, so wird eine zwischen Winkelmessung und Aufnahme stattgefundene kleine Verrückung nicht leicht entdeckt werden können. Ich möchte darum nebenstehende Konstruktion eines Phototheodolits vorschlagen. Das Fernrohr, dessen Tubus *RR* (vgl. die Figur) entsprechend weit gewählt wird, ist in der Mitte der Kamera befestigt. Die Kamera steht aufrecht, das photographische Objektiv ist oben angebracht. Um horizontale Bilder aufnehmen zu können, ist über dem Objektiv ein Prisma *P* befestigt.



Die Platte *p* liegt horizontal und wird durch Kassettenfedern an die Indizes *J* angedrückt. Der Fernrohrtubus besitzt zwei elliptische Öffnungen, damit das vom Prisma reflektierte Bild frei auf die Platte gelangen kann. Am Prisma, Objektiv und Okular sind abnehmbare Deckel. *L* ist der Limbus, der eine schräge Teilung trägt, zu welcher zwei diametral liegende Nonien gehören. Auf dem Instrumente sind zwei gekreuzte Libellen angebracht. Die Neigungen der Fernrohrachse A_2 sowie der Libellenachse A_1 gegen die Instrumentalachse A_3 können mittels entsprechender Korrektionsschrauben auf 90° gebracht werden. Auch für die Korrektion der Spiegelebene E_1 gegen die Plattenebene E_2 sind entsprechende Korrektionsschrauben vorhanden, welche der Einfachheit halber als unwesentlich in der Figur fortgelassen sind.

Das Objektiv kann erforderlichenfalls durch ein anderes, ja selbst durch ein Teleobjektiv ersetzt werden (was manchmal wünschenswert sein kann), ohne daß dabei die Stabilität des Instruments leidet. Es ist leicht, einen Verschluß zu konstruieren, bei welchem kurz vor dem Augenblicke der Freimachung der Platte das Okular und das Objektiv des Fernrohrs verdeckt werden, sodaß bis zum letzten Augenblicke vor der Aufnahme die Konstanz des Instrumentes kontrolliert werden kann. Da man nach der Aufnahme nur durch das Fernrohr zu blicken braucht, um sich von der unveränderten Stellung zu überzeugen, so dürfte damit allen Anforderungen genügt sein. Für schiefe Kameraaufnahmen ist das Instrument nicht bestimmt. Ihre Berechnung erfordert zu viel Zeit, sodaß dabei der Vorteil der Schnelligkeit verloren geht. Die Rechnung durch Konstruktion zu ersetzen, wird man sich aber nur bei ganz groben topographischen Arbeiten erlauben. Das Instrument, welches hier in der einfachsten Form dargestellt ist, könnte leicht durch verschiedene Beigaben noch leistungsfähiger gemacht werden. Ich ziehe es vor, mit möglichst einfachen Mitteln zu arbeiten, weil nach meiner Erfahrung die einfachsten Instrumente die besten sind. Wird bei der soeben vorgeschlagenen Anordnung das Prisma abgenommen, so hat man eine Zenitkamera, welche für Polhöhenbestimmungen, etwa nach der Methode des Hrn. Schnauder (*Astron. Nachr. Nr. 3678*) sich ausgezeichnet eignet. Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch auf eine besonders für die Forschungsreise wichtige Umänderung des Phototheodolits aufmerksam machen. Die für diese Zwecke besten Theodolite haben ein exzentrisches Fernrohr und eine zentrische Kamera. Es ist nun angezeigt, noch ein zweites analoges Fernrohr auf der Gegenseite anzubringen, welches jedoch gegen das erste in beliebigem Höhenwinkel verstellbar ist. Man erhält dadurch eine für viele Zwecke brauchbare Vorrichtung. Um nur ein Beispiel anzuführen, erwähne ich die Azimutbestimmung. Man verfährt dabei so: Die Kamera mit dem festen Fernrohr wird ungefähr in die der Sonne entgegengesetzte Richtung gebracht und das bewegliche Fernrohr auf die Sonne gerichtet. Im Augenblicke, wo der Sonnenrand den Vertikalfaden des Fadenkreuzes berührt, macht man eine Aufnahme. Nachher wird der Winkel am Limbuskreise abgelesen. Gut ist es, wenn überdies die Zeit der Aufnahme notiert wird. Wird dieses Verfahren zweimal oder mehrmals wiederholt, so hat man alles, um die Azimute aller aufgenommenen Objekte bestimmen zu können. Man gewinnt dabei die Korrektion der Zeit nebenher. Die Mitteilung der hierzu erforderlichen Formeln halte ich für überflüssig, da sie aus den Grundgleichungen der sphärischen Astronomie leicht abzuleiten sind.

Wird das Prisma um 90° gedreht, so kann man photostereogrammetrische Aufnahmen machen (vgl. v. Hübl, *Mitt. d. k. k. militärgeograph. Instituts, Wien. 1902*).

Bildgüte und Glassorten.

Von

Karl Strehl in Erlangen.

In meiner Studie: „Über Luftschlieren und Zonenfehler" (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 213. 1902*) bezeichnete ich mechanische Zonenabweichungen und chromatische Aberration der Bildweiten als die Hauptfeinde der Bildgüte des Fernrohrs. Zum theoretischen Studium der ersteren wurde ich bekanntlich angeregt durch Hrn. Dr. R. Steinheil; wie er diese praktisch untersuchte und mit Erfolg bekämpfte, darüber ist hier be-

richtet worden. Letztere habe ich schon früher in meinen Arbeiten: „Über den Einfluß der chromatischen Korrektion . . .“, „Über die Farbenabweichung . . .“, „Instrumentalaberrationen . . .“, „Beugungstheorie und geometrische Optik“ (*diese Zeitschr.* ***17.*** *S. 50, S. 77, S. 301. 1897;* ***19.*** *S. 364. 1899*) an der Hand des Lick-Refraktors, des Ladeschen Refraktors (Geisenheim) und eines sog. Objektives ohne sekundäres Spektrum behandelt. Allein der verschiedenen Öffnungen und Brennweiten wegen fehlte bisher eine unmittelbare Vergleichung derselben.

Diese will ich nun nachholen. Durch doppelte graphische Ausgleichung (einmal, indem ich erst die absoluten Öffnungen, dann die relativen Brennweiten änderte, zum andern umgekehrt) gewann ich folgende Tabellen. Die mittleren Zahlen kommen bei der Bestimmung öfter vor; hierbei und bei der doppelten Ausgleichung stimmten die einen Zahlen ohne weiteres überein; wo andere (vereinzelt bis auf 3 Einheiten) abwichen, da wurden die mittleren bezw. sichersten Werte genommen. Im übrigen machen diese Zahlen nur auf annähernde Richtigkeit Anspruch (eine Genauigkeit bis auf $^1/_2$ Einheit soll gar nicht erzielt werden). Desgleichen ist auf absolute und relative (selektive) Absorption im Objektiv keine Rücksicht genommen, sowie auch nicht auf sphärische Aberration der seitlichen Farben (die hellste Farbe muß bekanntlich abweichungsfrei sein). Vielmehr sind die Angaben zu verstehen als Definitionshelligkeiten in $^0/_0$ des vollen Wertes eines absolut achromatischen Objektives von gleichen Dimensionen und gleicher Absorption, insoweit als nur der Einfluß des sog. sekundären Spektrums zum Ausdruck kommt.

I. Schott-Jena (theoretisch; R. Steinheil).

cm	$6^1/_4$	$12^1/_2$	25	50	100	200
1:160	100	100	99	98	95	85
1: 80	100	99	98	95	85	64
1: 40	99	98	95	85	64	42
1: 20	98	95	85	64	42	28
1: 10	95	85	64	42	28	19
1: 5	85	64	42	28	19	12 +

II. Lick-Refraktor (H. D. Taylor, *Monthly Not. Royal Astron. Soc., Dez. 1893*).

cm	$6^1/_4$	$12^1/_2$	25	50	100	200
1:160	99	98	95	91 +	84 +	73
1: 80	98	95	91	84	73	55
1: 40	95	91	84	73	55	44
1: 20	91	84	73	55	44	31 —
1: 10	84	73	55	44	31	21 —
1: 5	73	55	44	31	21	13

III. Lade-Refraktor (Max Wolf, *Wied. Ann.* ***33.*** *S. 212, 548. 1888*).

cm	$6^1/_4$	$12^1/_2$	25	50	100	200
1:160	97	95	90	81 +	63 —	43 —
1: 80	95	90	81	63	43	29 —
1: 40	90	81	63	43	29	20 —
1: 20	81	63	43	29	20	13
1: 10	63	43	29	20	13	09 —
1: 5	43	29	20	13	09	07 —

Die Glassorten sind mangels genügender Angaben charakterisiert durch den Besitzer bezw. Erzeuger; in Klammern ist der Name dessen angegeben, welcher die Farbenkurve bestimmt hat. Die dritte Farbenkurve zeigt ausgesprochen zwei Minima (manche ein Minimum und ein Maximum relativer Art, fälschlich: Wendepunkt); ich

halte es nicht für unmöglich, daß (praktische Möglichkeit vorausgesetzt) bei genauester Untersuchung auch die beiden ersten Farbenkurven nicht den einfachen Verlauf eines einzigen Minimums zeigen würden, welcher wahrscheinlich nur der Ausdruck graphischer Ausgleichung der auf die gewöhnlichen Fraunhoferschen Linien beschränkten Messungen ist. Gerade auf diese Verhältnisse kommt meiner Erfahrung nach sehr viel an; hierdurch wird klar, weshalb die Tabellen gar nicht absolut genau sein wollen.

Unter günstigen Dimensionen verstehe ich kleine Öffnung und große Brennweite, unter ungünstigen große Öffnung und kleine Brennweite, unter halbgünstigen, daß beide Faktoren groß oder klein seien. Mithin ziehen wir aus den Tabellen folgende, zum Teil wohl überraschende Schlüsse:

Am größten sind die Unterschiede I—II bezw. I—III bei halbgünstigen Dimensionen, gering im 1. Fall, bedeutend im 2. Fall.

Bei günstigen Dimensionen treten die Unterschiede weniger hervor; bei ungünstigen können sie zum Teil selbst sich umkehren (ob dies reell oder einer nicht genügend genauen Bestimmung der Farbenkurve zu verdanken ist, lasse ich dahingestellt).

Interessant sind auch folgende Tabellen über die Bildgüte photographischer Refraktoren, welche unter Zugrundelegung der von Lohse in seiner Studie: „Die Wirkung der Farben auf Bromsilbergelatineplatten“ (*Eders Jahrb. d. Photogr. 1894*) mitgeteilten Empfindlichkeitskurve erhalten wurden. Es sei mir gestattet, an dieser Stelle Hrn. Prof. Dr. Küstner für die gütige Erfüllung meiner Bitte betreffs Bestimmung der Farbenkurve des von Steinheil verfertigten Objektives des photographischen Refraktors zu Bonn verbindlichsten Dank zu sagen.

IV. Bonn: Photographischer Refraktor (Küstner)[1].

cm	6 1/4	12 1/2	25	50	100	200
1:160	100	100	99	95	86 +	71
1: 80	100	99	95	86	71	55
1: 40	99	95	86	71	55	41
1: 20	95	86	71	55	41	30 +
1: 10	86	71	55	41	30	22
1: 5	71	55	41	30	22	16

V. Lick-Refraktor; photographisch (Taylor).

cm	6 1/4	12 1/2	25	50	100	200
1:160	100	99	97	91	78	63
1: 80	99	97	91	78	63	51
1: 40	97	91	78	63	51	41
1: 20	91	78	63	51	41	32
1: 10	78	63	51	41	32	23
1: 5	63	51	41	32	23	16

VI. Modernes Glaspaar; photographisch (wirklicher Fall).

cm	6 1/4	12 1/2	25	50	100	200
1:160	97	93	81	64	47	31
1: 80	93	81	64	47	31	18
1: 40	81	64	47	31	18	09
1: 20	64	47	31	18	09	04
1: 10	47	31	18	09	04	01
1: 5	31	18	09	04	01	00

[1]) Mutmaßlich: Die chemische Seite (vom Scheitel aus) der Farbenkurve mußte bis auf ein kurzes Stück graphisch ergänzt werden. Aus obiger Tabelle folgt als Definitionshelligkeit für den wirklichen Bonner Refraktor den Dimensionen 300 *mm* : 5132 *mm* entsprechend 62,5 %.

Tabelle IV und V zeigen wiederum, daß die Unterschiede überhaupt nur bei den halbgünstigen Dimensionen merklich sind. Ein Vergleich mit Tab. VI lehrt, wie viel auf richtige Auswahl der Glassorten ankommt. Den bei *photographischen* Refraktoren *bedeutenden* Einfluß der Lage des Scheitels der Farbenkurve habe ich mit Fleiß gar nicht berücksichtigt. Beim Bonner Refraktor liegt der Scheitel der Farbenkurve richtig (bei 424 $\mu\mu$).

Um einmal eine richtige Vergleichung und historische Würdigung[1]) zu ermöglichen, füge ich folgende Tabelle der Definitionshelligkeiten *unachromatischer* Objektive bei.

VII. Fraunhofer-Kron Nr. 1 (nach Moussons Physik).

	$n =$	$p =$	*mm*	$6^1/_4$	$12^1/_2$	25	50	100	200
B	1,526	10 114	1 : 160	99	97	91	75	48	26
C	527	10 093	1 : 80	97	91	75	48	26	13
D	529	10 041	1 : 40	91	75	48	26	13	07
E	533	9 977	1 : 20	75	48	26	13	07	03
F	536	9 920	1 : 10	48	26	13	07	03	02
G	542	9 818	1 : 5	26	13	07	03	02	01
H	546	9 729							

Die Bildgüte unachromatischer Objektive verschlechtert sich mit zunehmender Öffnung bezw. abnehmender Brennweite rascher als die der Achromate.

Da die Brennpunktshelligkeit von der Dimension $(\mathfrak{r}^2\pi/\lambda p)^2$ *ist* ($\mathfrak{r}$ = *Öffnungshalbmesser*; p = *Brennweite*), *so ist* (*etwa gleiche Bildgüte vorausgesetzt*) *die der Achromate mindestens* $(cm/mm)^4$, *also 10000-mal so grofs wie die von einfachen Linsen.*

Die sphärische Aberration einfacher Linsen betreffend haben wir einfach für Linsen bester Form (1 : 6) unter der Voraussetzung $n = 1{,}5$ die Formeln

Sphärische Aberration: Längenabweichung $a = 15\,\mathfrak{r}^2/14\,p$ Wirkungsgrad $\mathfrak{A} = \pi\,a\,\mathfrak{r}^2/2\,\lambda\,p^2$.

Bei dieser Gelegenheit will ich die in meiner oben genannten Abhandlung: „Instrumentalaberrationen . . .“ mitgeteilte Tabelle über die Definitionshelligkeiten in % des vollen Wertes bei verschiedenen Graden $\mathfrak{A}$ der sphärischen Aberration in mittlerweile erweiterter Form wiedergeben (in Klammern stehen die für Fehlerfreiheit an der betreffenden Stelle der optischen Achse beiderseits des Symmetriepunktes der Längenabweichung [= Brennpunktes] geltenden Werte, um den wirklichen Verlust richtig zu schätzen).

VIII. Definitionshelligkeiten bei sphärischer Aberration.

$\mathfrak{A}$	$\Delta = 0$	$\Delta = \pm a/4$		$\Delta = \pm a/2$			$\Delta = \pm a$			$\Delta = \pm 3a/2$	
0	100	100	(100)	100	(100)		100	(100)		100	(100)
1	99 +	97 +	98	91 +	92		70 +	71		44	44
2	98	90	92	69 +	71		21	20 +		01	00
3	95	79	82 +	43	44			00		05 +	04 +
4	91 +	65 +	71	21 +	20 +	$\Delta = \pm 3a/4$; $\mathfrak{A} = 8$; 02 (00)	06 +	03 +	$\Delta = \pm 5a/4$; $\mathfrak{A} = 8$; 00 + (00 +)	00 +	00
5	87	52	57 +	10	05 +			03 +		02	01 +
6	81 +	39 +	44	08 +	00		01	00		00 +	00
7	76	30	31 +	11	01			01		01	00 +
8	69 +	23 +	20 +	13	03 +		02 +	01 +		00 +	00

Diese Tabelle bezieht sich naturgemäß auf eine einzige Farbe. Aus ihr gewann ich durch graphische Ausgleichung folgende (bei der Berechnung der drei Fälle:

[1]) Vgl. die von Prof. Nijland (und Oudemans) auf der Sternwarte zu Utrecht gemachten Untersuchungen an zwei noch vorhandenen Objektiven von Campani (42 *mm* : 3171 *mm*) bezw. Huygens (52 *mm* : 3317 *mm*), welche die theoretischen Ergebnisse durchaus bestätigen, in Hugo Schröder, Beitrag zur Geschichte der Fernrohrtechnik. *Zentralztg. f. Opt. u. Mech.* **20.** *S. 171. 1899.*

„Aplanasie — Sphärische Aberration — Gauss-Bedingung") in meiner oben genannten Abhandlung: „Beugungstheorie und geometrische Optik" benutzte Tabelle. Wenn die verschiedenfarbigen Strahlenbündel mit sphärischer Aberration behaftet sind, dann hat man in meinen obengenannten Abhandlungen statt der durch die Quotienten $z = \Delta : a$ (aus den chromatischen Längenabweichungen durch die chromatischen Zonenlängen) bestimmten Nutzeffekte φ nunmehr reduzierte Nutzeffekte φ' zu nehmen, welche man erhält, indem man in der Tabelle zu jedem Nutzeffekt φ unter $\mathfrak{A} = 0$ den entsprechenden Wert φ' unter der für die betreffende Farbe maßgebenden sphärischen Aberration $\mathfrak{A} = 1$ bis 8 sucht, diese reduzierten Nutzeffekte φ' mit den entsprechenden Lichtstärken i/λ^2 der reduzierten Helligkeitskurve des Spektrums zu multiplizieren und die als Produkte erhaltenen Lichtwerte w zu summieren.

IX. Reduktion der chromatischen Helligkeitswerte durch sphärische Aberration.

$\mathfrak{A}$ 0	1	2	3	4	5	6	7	8
$\varphi = 100$	$\varphi' = 100$	98	95	92	87	82	76	70
90	90	88	86	83	79	75	71	67
80	80	78	77	73	71	67	65	63
70	70	68	67	64	62	59	58	58
60	60	58	57	56	54	52	51	52
50	50	49	48	47	46	44	44	45
40	40	39	39	39	38	37	36	38
30	30	30	30	30	30	29	28	31
20	20	20	20	21	22	22	20	24
10	10	11	11	12	14	15	14	17
0	00	01	02	03	06	08	09	10

In den vier letzten Zeilen ist der Grund zu suchen für den Umstand, daß die Definitionshelligkeit von sog. Achromaten *mit* sphärischer Aberration selbst größer sein kann als *ohne* diese.

Nunmehr ist das ganze Gebiet der beugungstheoretischen Instrumentaloptik derart eingehend durchforscht, daß ich gewissermaßen von einem Abschluß meiner diesbezüglichen Arbeiten sprechen kann.

Referate.

Zwei Instrumente zur Bestimmung der Zeit und der geographischen Breite ohne Niveau.

Von Fr. Nušl und J. J. Frič. *Bulletin astron.* **19.** *S. 261. 1902.*

Die Verfertiger suchen das Problem, die Zeit und die Polhöhe zu bestimmen, ohne daß an das Niveau und den Teilkreis des Instrumentes erhebliche Anforderungen gestellt zu werden brauchen, in einer eigenartigen, höchst geistreichen Weise zu lösen.

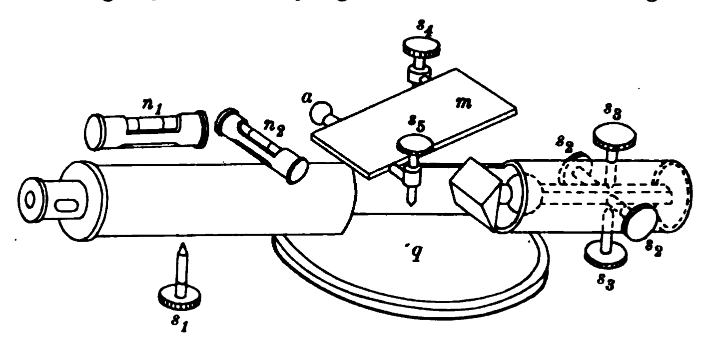
In einem horizontal liegenden Fernrohr werden von dem zu beobachtenden Sterne zwei reflektierte Bilder gesehen, die während ihres Durchganges durch das Gesichtsfeld über einander hinweggehen. Aus der Zeit der Koinzidenz läßt sich der Stand der Uhr oder die Polhöhe ableiten. Ob die Methode, so interessant sie ist, häufige Anwendung erfahren wird, möchte Ref. allerdings wegen der gegenüber den sonstigen, den gleichen Zwecken dienenden Instrumenten größeren Kompliziertheit der Einrichtung, der umständlichen Justierung und ziemlich schwierigen Beobachtung, sowie auch wegen der mancherlei Rechnungen, die behufs Einstellung des Instrumentes der Beobachtung vorauszugehen haben, noch bezweifeln. Des näheren ist die Einrichtung der Instrumente folgende.

Vor dem horizontal liegenden Fernrohr befindet sich ein Prisma, das mit seiner gleichfalls horizontal liegenden brechenden Kante dem Objektiv zugekehrt ist; die optische Achse des Fernrohres halbiert in ihrer Verlängerung den brechenden Winkel α. Unter dem Prisma ist ein Quecksilberhorizont aufgestellt. Bei dem ersten der beiden zu beschreibenden Instrumente, dem *Zirkumzenitfernrohr*, ist Fernrohr und Prisma in fester Verbindung. Bringt man das Instrument in den Vertikal eines Sternes, welcher die Höhe $180^\circ - \alpha$ über dem Horizont hat, so werden dessen Strahlen teils nach Reflexion an der oberen geneigten Fläche des Prismas, teils nach Reflexion am Quecksilberhorizont und an der unteren geneigten Fläche des Prismas in das Fernrohr kommen, in dessen Fokus die beiden Bilder zusammenfallen. Steht der Stern etwas höher oder tiefer, so wird man zwei über einander stehende Bilder im Fernrohr erblicken, und ist der Stern nicht genau in der Vertikalebene des Apparates, so werden die beiden Bilder seitlich im Gesichtsfeld zu erblicken sein. Der Durchgang eines Sternes durch den Höhenparallel von $180^\circ - \alpha$ wird sich daher im Fernrohr so darstellen, daß man zwei getrennte über einander stehende Bilder eines Sternes in das Gesichtsfeld eintreten, sich während des Durchgangs durch dasselbe einander nähern, im Fokus zusammenfallen und dann wieder auseinander gehen sieht. Der Moment der Koinzidenz entspricht dem Durchgang des Sternes durch den Höhenparallel.

Um die Beobachtung sicherer zu gestalten, dadurch daß man nicht auf die Fixierung eines einzigen Momentes angewiesen ist, haben die Verfertiger vor dem Objektiv rechts und links von der Mitte zwei Prismen mit den brechenden Winkeln 3 und 5 Bogenminuten aufgestellt, das eine mit der brechenden Kante nach oben, das andere mit der brechenden Kante nach unten. Jedes der beiden von dem (den brechenden Winkel α besitzenden) Prisma reflektierten Strahlenbündel wird nunmehr drei Bilder liefern, nämlich ein Bild, welches die durch den mittleren Teil des Objektivs gehenden Strahlen erzeugen und welches mit dem früheren Bild identisch ist, und je ein durch die Strahlen erzeugtes Bild, die erst durch eines der beiden vor dem Objektiv aufgestellten spitzwinkligen Prismen hindurchgehen. Man hat sonach im Gesichtsfeld sechs vertikal unter einander stehende Bilder, von denen sich drei parallel schräg nach oben, drei parallel schräg nach unten bewegen. Steht der Stern im Vertikalkreis, welcher durch die Absehenslinie des Fernrohres geht, so fallen je zwei der sechs Sternbilder zusammen. Aber auch vorher und nachher, symmetrisch zum Durchgang durch den Vertikal, kommen Überlagerungen von Bildern vor, indem z. B. ein von dem oberen Strahlenbündel erzeugtes, durch das eine Objektivprisma verschobenes Bild mit dem von dem unteren Strahlenbündel erzeugten und durch das andere Objektivprisma verschobenen Bild zusammenfällt. Endlich treten während des Vorüberziehens der sechs Sternbildchen im Gesichtsfeld noch manche andere regelmäßige Anordnungen derselben auf, z. B. gleiche Abstände zwischen einigen von ihnen. Fixiert man die Momente des Auftretens solcher Lagen der Sternbildchen, so erhält man, da je zwei solche Lagen symmetrisch zum Durchgang des Sternes durch den Vertikal sind, durch Mittelbildung die Zeit dieses Durchganges oder, was auf dasselbe hinauskommt, die Zeit für den Durchgang des Sternes durch den Höhenparallel $180^\circ - \alpha$. Das Resultat gewinnt so an Sicherheit in ganz gleicher Weise wie durch die Beobachtung von Sterndurchgängen durch ein System von Stundenfäden.

Bei der Justierung kommt es namentlich darauf an, daß die Kante des Prismas genau horizontal sei. Man erreicht dies, da Prisma und Fernrohr miteinander verbunden sind, einfach dadurch, daß man letzteres um seine optische Achse dreht und zusieht, bei welcher Stellung ein Zusammenfallen der beiden Bilder des Sternes stattfindet; denn nur bei horizontaler Lage der Kante des Prismas ist überhaupt ein Zusammenfallen der Sternbilder möglich. Außerdem muß sich die Justierung noch darauf erstrecken, daß die Absehenslinie des Fernrohrs den brechenden Winkel des Prismas halbiere, daß diese Absehenslinie horizontal sei — zwei Bedingungen, bei deren Nichterfüllung die Erscheinung nicht in der Mitte des Gesichtsfeldes beobachtet werden könnte, das Resultat jedoch nicht gefälscht werden würde — und daß die Kante des Prismas zur Absehenslinie normal liege.

Zur Prüfung der letzten Bedingung ist über dem Instrument, aber nicht mit ihm verbunden, ein ebener Spiegel m (s. die Figur) angebracht, der jedoch bei Anstellung der eigentlichen Beobachtungen wieder entfernt sein muß. Man benutzt bei der Prüfung die Methode der Autokollimation, indem man untersucht, ob vom Fokus des Fernrohres ausgehende Lichtstrahlen, welche aus dem Objektiv parallel austreten, von der oberen Prismenfläche nach dem Spiegel reflektiert und von diesem wieder denselben Weg zurückgeschickt werden, sich im Ausgangspunkte wieder vereinigen. Ist dies der Fall und bleibt die Vereinigung von Lichtquelle und ihrem Bildpunkt bestehen, nachdem das Prisma mit dem Fernrohr um 180 Grad um die optische Achse des letzteren gedreht worden ist, so ist das Prisma gut justiert. Derjenige Teil des vom Fokus ausgehenden Strahlenbündels, welcher von der unteren Prismenfläche nach dem Quecksilberhorizont q und von diesem nach dem Spiegel reflektiert wird, kehrt ebenfalls auf demselben Wege nach dem Ausgangspunkt zurück.



Das in der schematischen Figur mit s_1 bezeichnete Schräubchen dient zur Horizontierung des mit dem Prisma durch eine seitliche Leiste verbundenen Fernrohres. Das Aufsatzniveau n_1 ist zur Prüfung der Horizontalität bestimmt, während das Niveau n_2 angeben soll, wann die Drehung des Fernrohres und Prismas um die Absehenslinie genau 180 Grad beträgt. Die Schräubchen s_2 und s_3 ermöglichen die Korrektion der Prismenstellung im horizontalen und vertikalen Sinn; a bezeichnet das feste Ende der Achse, um welche sich der Spiegel m zur Berichtigung seiner Neigung drehen läßt; s_4 und s_5 sind die zu dieser Berichtigung nötigen Korrektionsschräubchen.

Das zweite Instrument beruht auf folgender Erwägung.

Wenn ein Stern nicht im Vertikal des vorhin beschriebenen Apparates steht, so kann unter Umständen doch sein von der oberen Prismenfläche und sein vom Quecksilberhorizont und der unteren Prismenfläche reflektiertes Bild zusammenfallen, nämlich dann, wenn er sich auf dem größten Kreis des Himmelsgewölbes befindet, den man durch die brechende Kante des Prismas und den im Vertikal des Instrumentes $180^\circ - \alpha$ über dem Horizont befindlichen Punkt legen kann.

In diesem Fall werden von der oberen und von der unteren Fläche des Prismas die Strahlen in der Ebene des Horizontes nach dem nämlichen Punkt reflektiert. Ist nun das Fernrohr nicht wie beim vorigen Apparat mit dem Prisma fest verbunden, sondern um eine vertikale Achse beweglich, sodaß es bei der Drehung immer auf das Prisma gerichtet bleibt, so läßt es sich auf die beiden parallelen Strahlenbündel einstellen und man wird wieder dieselbe Erscheinung der sich nähernden, zusammenfallenden und wieder auseinander gehenden Sternbilder haben wie im vorigen Fall.

Hat ein Stern eine solche Lage am Himmelsgewölbe, daß er durch Drehung des Prismas um eine vertikale Achse auf einen solchen größten Kreis gebracht werden kann, oder mit anderen Worten: steht er nicht höher als $180^\circ - \alpha$ über dem Horizont, so läßt sich der Apparat so einstellen, daß der Stern beobachtet werden kann. Wesentlich einfacher wird der Fall, wenn das Prisma den brechenden Winkel 90 Grad besitzt; dann geht jener größte Kreis durch das Zenit und es lassen sich demnach alle überhaupt über dem Horizont befindlichen Sterne mit dem Instrument, welches bei dieser Einrichtung von den Verfertigern *Radiozenitfernrohr* genannt wird, beobachten. Man bringt die Kante des Prismas in den Vertikalkreis des Sternes und dreht dann das Fernrohr von der Stellung aus, in der es senkrecht auf die Schneide gerichtet ist, so weit im Azimut vom Stern wegwärts, als dessen Zenitdistanz beträgt. Natürlich muß das Instrument zu dem Zweck mit

einem horizontalen Teilkreis versehen sein. Damit die vom Quecksilberhorizont reflektierten Strahlen stets die untere Fläche des Prismas treffen, muß er sich in Höhe innerhalb weiter Grenzen verstellen lassen.

Der wesentliche Unterschied zwischen Zirkumzenit- und Radiozenit-Instrument besteht also darin, daß bei ersterem das Prisma und das senkrecht auf seine Kante gerichtete Fernrohr in fester Verbindung sind und sich gemeinsam um eine vertikale Achse drehen lassen, während bei letzterem Instrument Prisma und Fernrohr jedes für sich um eine durch ersteres gehende vertikale Achse drehbar sind; im Zirkumzenitfernrohr lassen sich nur Sterne von bestimmter Höhe, nämlich $180^0 - \alpha$, beobachten, während für das Radiozenitfernrohr diese Beschränkung nicht gilt.

Das Radiozenitfernrohr soll nach der Absicht der Verfertiger namentlich zur Polhöhenbestimmung mittels zenitnaher Sterne Verwendung finden. Man wählt einen Stern, dessen Deklination etwas größer ist als die Polhöhe des Beobachtungsortes und gibt dem Prisma nacheinander zwei zur Meridianrichtung symmetrische Lagen, sodaß der Stern vor und nach seiner Kulmination je zweimal durch den Vertikalkreis der Kante des Prismas hindurchgeht.

Kn.

Prozentteilung für Winkelmessung und Anwendung auf Kreise an Vermessungsinstrumenten.

Von J. C. Fergusson. *The Surveyor* **21.** *S. 743. 1902; Engineering* **74.** *S. 128. 1902.*

Der Verf., Ingenieur in Vancouver, Brit. Columbia, macht den Vorschlag, die Teilung der Kreise geodätischer Instrumente für gewisse Zwecke nicht mehr gleichförmig nach irgend welchen „Graden" auszuführen, sondern den *Oktanten* des Kreises als Teilungseinheit so zu zerlegen, wie die Fig. 1 andeutet: die dem Halbmesser gleiche Tangentenlänge in *o* wird in 100 gleiche Teile zerlegt und die Schnittpunkte der Geraden vom Mittelpunkt des Kreises nach diesen Punkten mit dem Kreis geben die Einteilungspunkte des Kreises. Für Höhenkreise an Gefällmessern, an manchen tachymetrischen Instrumenten u. s. f ist bekanntlich diese Teilungsart nichts Neues; auf Horizontalkreisen, zur Ablesung

100 gleiche Teile

Basislinie

Fig. 1.

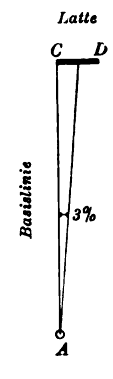


Fig. 2.

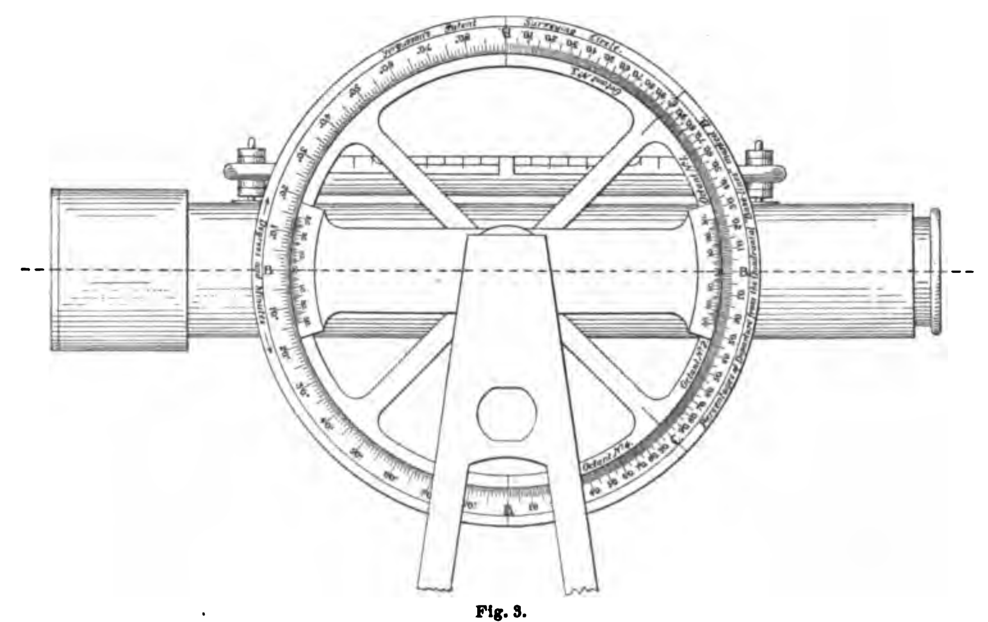


Fig. 3.

von *latitude* und *departure* der Engländer, ist sie bisher wohl nicht benutzt worden. Manche Anwendung ist ja recht schön; z. B. soll mit dem in A aufgestellten Horizontalkreis (Fig. 2) die Entfernung AC bis zu der in C horizontalgelegten Latte (Nullpunkt in C) gemessen werden: man stellt den Kreis so, daß eine der Grundlinien (Oo der Fig. 1) in die Richtung AC kommt, und liest nun, nach Einstellung eines bestimmten Strichs, z. B. des Strichs 3, der Kreisteilung an der Latte ab; ist z. B. 2,43 m diese Lattenablesung, so ist die gesuchte Entfernung

$$\frac{1}{3}(2{,}43 \cdot 100) = 81{,}0\ m.$$

Ähnlich mit dem Vertikalkreis und senkrecht stehender Latte, wobei man den Vorteil hat, daß keine Reduktion wegen geneigter Ziellinie vorhanden ist wie beim Fadendistanzmesser. Fig. 3 zeigt einen Höhenkreis dieser Art, in der linken Hälfte nach Graden, in den vier Oktanten der rechten Hälfte nach des Verf. „Prozentteilung" eingeteilt. Auch das *Auftragen* von Winkeln, die in diesem Prozentmaß gegeben sind, ist recht bequem.

Eine weitere Ausdehnung der Anwendung eines solchen Prinzips der Winkelteilung wird aber immer daran scheitern, daß man zur Feinablesung an einer derartigen nicht gleichförmigen Teilung keinen Nonius u. dgl. anwenden kann. *Hammer.*

Dichte und kubischer Ausdehnungskoeffizient des Eises.

Von J. H. Vincent. *Phys. Rev.* ***15.*** *S. 129. 1902.*

Zur Bestimmung der Dichte des Eises bei verschiedenen Temperaturen wurde bis jetzt vorwiegend benutzt die dilatometrische Methode, die Wägung des Eises in Wasser oder einer anderen Flüssigkeit bezw. das Ausäquilibrieren desselben in einer Flüssigkeit von derselben Dichte. Verf. gibt eine Übersicht der bis jetzt vorgenommenen Messungen und der dabei erhaltenen Resultate. In der vorliegenden Arbeit benutzt er zur Bestimmung der Dichte den Auftrieb, den das Eis in Quecksilber von derselben Temperatur erfährt, wobei die Dichte des Quecksilbers als bekannt angenommen wird. Sein Apparat besteht aus einem zur Aufnahme des Quecksilbers bestimmten gußeisernen Trichter AB (Fig. 1), der sich nach unten in ein durch ein Schraubstück C verschlossenes Stahlrohr N fortsetzt. Am unteren Ende ist dies mit einem feinen Loch O von 0,4 mm Durchmesser versehen, das durch ein anderes Schraubstück P verschlossen werden kann. Die obere, gut plan geschliffene Fläche F des Trichters ist durch die Platte D verschließbar, indem diese durch hier nicht abgebildete Klammern, die unten in die Nut J greifen, fest angedrückt wird. Um auch die obere Mündung des Trichters ganz unter Quecksilber setzen zu können, ist dieser noch von einem eisernen Mantel K umgeben. Durch das Loch O des Trichters wird ein dünner Stahldraht geführt, der am unteren Ende eine Wagschale mit Gewichten trägt und mit seinem oberen Ende an dem Stil M eines schirmartigen Stahlstücks (Fig. 2) befestigt ist. Unter diesem Schirm wird das zu untersuchende Wasser bezw. Eis festgehalten.

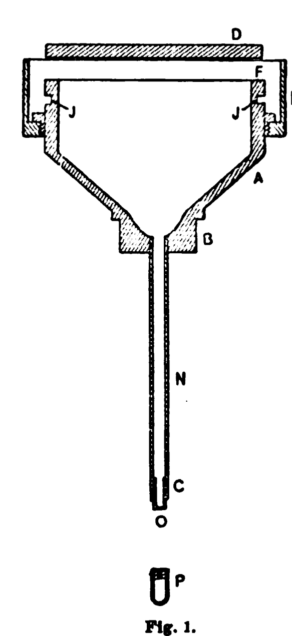


Fig. 1.

M

Fig. 2.

Der Trichter ist in einem Glasgefäß, das noch durch einen Holzkasten mit gegen Wärmedurchgang isolierten Wänden geschützt ist, so befestigt, daß das untere Ende C des Rohres N herausragt. Das Glasgefäß und der Holzkasten werden mit Eis bezw. einer Kältemischung gefüllt; das Thermometer (in $^1/_{10}{}^0$) taucht in das Quecksilber in K ein. Der Apparat muß so justiert werden, daß die Achse des Rohres N vertikal steht. Verf. beschreibt eingehend die etwas umständliche Füllung des Apparats mit ausgekochtem Quecksilber und Wasser.

Vor den eigentlichen Versuchen mußte zunächst der Auftrieb des Schirms allein bei den in Betracht kommenden Temperaturen (-10^0 bis 0^0) gemessen werden. Die Dichte (i_t) des

Eises bei t^0 berechnet sich dann aus dem Auftrieb W, den Wasser von 0° erfährt, dem Auftrieb I des Eises von t^0, der Dichte w_0 des Wassers bei 0° und der Dichte h_0 bezw. h_t des Quecksilbers bei 0° bezw. t^0, wenn noch zur Abkürzung $K = I/W$ und $q = w_0/(h_0 - w_0)$ gesetzt wird, als $i_t = q\,h_t/(K + q)$. Die Größe K wird beobachtet, ferner wird angenommen $w_0 = 0{,}999884$, $h_0 = 13{,}5956$, während die Dichte h_t nach der Formel von Chappuis (*Proc. verb. 1891. S. 37*) berechnet wird.

Für die *Dichte des Eises* wird aus 5 Versuchen im Mittel gefunden: 0,9160 bei 0° C., wobei die Abweichungen der einzelnen Versuche bis zu 1/2 Promille gehen. Verf. glaubt aus seinen Beobachtungen mit Sicherheit schließen zu können, daß das Eis bei 0° in zwei Modifikationen von verschiedener Dichte besteht, weshalb er die Genauigkeit der angegebenen Zahl auf 1 Promille beschränkt. Für den *kubischen Ausdehnungskoeffizient* findet er im Mittel aus 4 Versuchen die Zahl 0,000152 pro Grad, die um etwa 4% kleiner ist, als die von Plücker und Geissler angegebene. Die Dichte bei 0° (0,9160) ist um etwa 0,1 Promille kleiner als das Mittel der Zahlen von Plücker und Geissler, Bunsen und Nichols. Der Wert von Bunsen scheint nach allen vorliegenden Messungen etwas zu groß zu sein und ist um etwa 0,7 Promille größer als die hier gefundene Zahl. *W. J.*

Über eine neue optische Methode zur Messung der Temperatur in absolutem Maß.

Von D. Berthelot. *Ann. de chim. et de phys.* ***26.*** *S. 58. 1902.*

In der vorliegenden Arbeit gibt der Verfasser eine erschöpfende Zusammenstellung der umfangreichen Versuche, welche er nach der von ihm schon im Jahre 1895 vorgeschlagenen optischen Methode der Temperaturmessung angestellt hat. Durch diese Versuche ist die Zulässigkeit und Brauchbarkeit der neuen Methode für einen Temperaturbereich mit Sicherheit nachgewiesen, der sich vom Schmelzpunkt des Eises bis zu dem des Goldes erstreckt.

Die Berthelotsche Methode beruht auf der Forderung, daß der Brechungsindex eines Gases sich nur mit der Dichte des Gases ändert, gleichgültig, ob diese Änderung durch Variation des Druckes oder der Temperatur herbeigeführt wird. Zwei Gasmassen derselben Schichtdicke, aber verschiedener Temperatur und verschiedenen Druckes sind daher — die Gültigkeit des vorstehenden Satzes vorausgesetzt — von gleicher Dichte, wenn ihre Brechungsindizes übereinstimmen. Bringt man demnach die eine von zwei idealen Gasmassen auf die zu messende absolute Temperatur T, die andere durch Druckänderung auf den manometrisch zu bestimmenden Druck P, so folgt bei Gleichheit der Brechungsindizes und der Dicke der vom Lichtstrahl durchsetzten Schichten die Beziehung

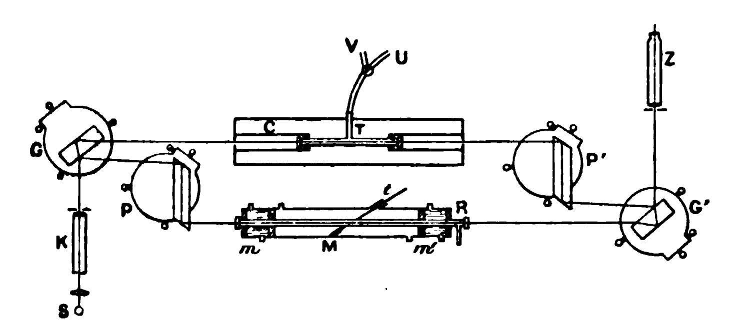
$$\frac{T}{T_0} = \frac{P_0}{P} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

unter T_0, P_0 beliebige meßbare Anfangswerte verstanden. Diese Formel unterscheidet sich naturgemäß nicht von derjenigen für ein Gasthermometer mit konstantem Druck; in gleicher Weise nimmt also auch die Empfindlichkeit mit steigender Temperatur proportional dem Quadrate der Temperatur ab; dies ist ein Nachteil der neuen Methode, welcher bei sehr hohen Temperaturen ihre Verwendbarkeit erschwert oder vielleicht überhaupt fraglich erscheinen läßt.

Der Hauptvorteil, welchen die Dichtebestimmung des Meßgases mit Hülfe des Brechungsindex mit sich bringt, besteht nun darin, *daſs es nicht nötig ist, ein der hohen Temperatur ausgesetztes Gefäſs mit gasdichten Wänden zu benutzen.* Die neue Methode vermeidet also die wesentlichste Schwierigkeit des Gasthermometers in seiner bisherigen Verwendungsart, *bei welcher seine Angaben nicht nur von den Eigenschaften des Meſsgases, sondern auch von denen der festen Gefäſshülle abhängen.*

Die nachstehende Skizze zeigt die vom Verfasser bei seinen Versuchen befolgte Anordnung. Man erkennt daraus die Jaminsche Methode des Interferenzrefraktors wieder. Ein von der Lichtquelle S ausgehendes, durch einen Kollimator K parallelisiertes Lichtbündel wird durch die dicke, planparallele Glasplatte G in zwei parallele Halbbündel zerlegt.

Von diesen geht das eine geradlinig durch das Rohr T weiter, während das andere mittels des Prismas P um den Betrag der Kantenlänge desselben verschoben wird und, ohne daß sein Parallelismus zum ersten Bündel verändert ist, das Rohr R durchsetzt. Nach dem Verlassen der Rohre werden die Halbbündel in der aus der Figur ersichtlichen Weise wieder vereinigt. Die Interferenzstreifen werden im Fernrohr Z beobachtet. Von den beiden erwähnten Rohren T und R wird das letztere, versehen mit dem zu vergleichenden Temperaturmesser t und mit dem äußeren Atmosphärendruck in Verbindung stehend, auf die zu messende Temperatur gebracht; das erstere, allseitig geschlossene und auf gewöhnlicher Temperatur zu haltende steht durch die Röhren U und V mit der Luftpumpe und dem Manometer in Verbindung.



Dies sind die Grundzüge der in Rede stehenden Methode. Bevor nun auf die instrumentelle Durchführung derselben und auf die experimentellen Ergebnisse eingegangen wird, ist es noch nötig, einiges über die oben angegebene Bedingung zu bemerken, welche der ganzen Methode zu Grunde liegt, daß nämlich der Brechungsindex eines Gases eine wesentliche Funktion seiner Dichtigkeit ist. Nun ist die Konstanz des spezifischen Brechungsvermögens, als welches man wenigstens für Gase in der Nähe des atmosphärischen Druckes den Ausdruck

$$r = \frac{n-1}{s}$$

annehmen kann, unter n den Brechungsindex, unter s die Gasdichte verstanden, von Mascart sowie von Chappuis und Rivière für Drucke bis 14 Atmosphären und von diesen sowie von Benoît für Temperaturen zwischen 0° und + 100° mit einer an der Grenze der Beobachtungsfehler liegenden Genauigkeit nachgewiesen. Der Verf. selbst hat bis + 200° eine Verifikation des in Rede stehenden Gesetzes in der vorliegenden Arbeit ausgeführt. Streng genommen, ist daher nur innerhalb des Intervalls 0° bis + 200° die Methode als zulässig nachgewiesen. Allein auch in Glühtemperaturen wird durch die Übereinstimmung der erhaltenen Resultate mit den besten auf gasthermometrischem Wege gewonnenen die Brauchbarkeit der Methode außer Zweifel gestellt, sodaß die Konstanz des spezifischen Brechungsvermögens der Gase tatsächlich ein Naturgesetz von gleicher Gültigkeit zu sein scheint, wie z. B. das Mariotte-Gay-Lussacsche.

Die Arbeit des Verfassers zerfällt in drei Teile: I. Allgemeine Beschreibung der Methode, II. Versuche unter 200° an den Siedepunkten von Alkohol, Wasser und Anilin, III. Versuche in hohen Temperaturen mit elektrischer Heizung.

Der Inhalt des ersten Abschnitts ist größtenteils durch die vorstehenden Betrachtungen wiedergegeben. Die experimentelle Ausführung der obigen Skizze geschah in folgender Weise. Die Lichtquelle S ist eine helle Petroleumlampe oder Azetylenflamme; man bevorzugt weißes Licht, um die Anzahl der durch die Fäden des Fernrohrs wandernden Interferenzstreifen nicht zählen zu brauchen. Es ist nötig, daß die optischen Teile der Anordnung mit möglichster Präzision gearbeitet sind, weil hiervon die Schärfe der Einstellung wesentlich abhängt; nicht minder wichtig ist eine erschütterungsfreie und durch keine Temperaturschwankungen beeinträchtigte Aufstellung. Die Druckmessung für die Röhre R geschah auf kathetometrischem Wege, während die Variation des Drucks in einfacher Weise dadurch bewirkt wurde, daß man Quecksilber aus einem höher gelegenen Niveau durch eine Röhre mit Regulierhahn herabfließen ließ; diese Vorrichtung blieb solange in Tätigkeit, bis die durch das Gesichtsfeld des Beobachtungs-Fernrohres Z wandernden Interferenzstreifen wieder auf Null einspielten.

Die obige Beziehung 1) gilt nur, wenn die Röhren R und T die gleiche Länge haben; andernfalls tritt an ihre Stelle die Gleichung

$$\frac{L}{l} = \frac{1 - \frac{T_0}{T}}{1 - \frac{P_0}{P}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

unter L und l die Längen der Röhren R und T verstanden. Eine allgemeinere Relation läßt sich auch leicht für den Fall aufstellen, in welchem in beiden Teilen der Anordnung noch weitere Zonen verschiedener Temperaturen vorhanden sind. Die Längen L und l sind durch Vergleichung mit einem Normalmeter leicht mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen. Die Empfindlichkeit der Anordnung ist L proportional. Der Verfasser verwendet für die Messungen bei 100° und 180° Röhren von 30 bis 50 *cm*, bei 1000° von 10 bis 20 *cm*.

Die Genauigkeit der Einstellung der Interferenzstreifen beträgt etwa 0,05 eines Streifenintervalls, was im Mittel einer Druckänderung von 0,035 *cm* Quecksilber entspricht; daraus berechnet sich bei einem Anfangsdruck von 760 *mm* Quecksilber die Meßgenauigkeit im Mittel

bei 0° zu etwa $^1/_8$°,
„ 1000° „ „ 2,7°.

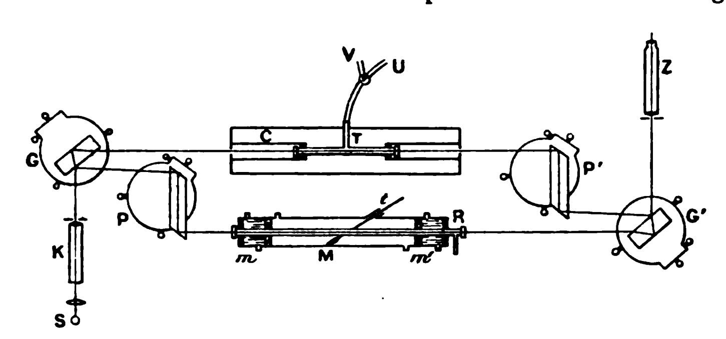
Eine wichtige Fehlerquelle, welche dem „schädlichen Raum" des Gasthermometers entspricht, kann daraus entstehen, daß der Temperaturabfall an den Enden der Röhre L nicht hinreichend genau zu ermitteln ist. Zwar könnte man Näherungswerte für die in Rede stehende Korrektion mit Hülfe eines Thermoelements aufstellen, dessen Lötstelle längs der Zone des Temperaturabfalls verschoben wird; allein durch eine sinnreiche Bemerkung des Verfassers kann diese Fehlerquelle auf einfache Weise dadurch gänzlich eliminiert werden, daß man mehrere Versuchsreihen mit verschieden langen Röhren macht, deren Temperaturabfall an den Enden aber in gleicher Weise definiert wird, was leicht durch eine Wasserspülung o. dgl. zu bewirken ist.

Die im zweiten Teile der Arbeit beschriebenen Versuche sollen, wie schon bemerkt, zur Verifikation der Methode bis gegen + 200° dienen. Zur Vergleichung sind Quecksilberthermometer herangezogen, deren Angaben auf die Wasserstoffskale bezogen waren, allerdings, wie es scheint, nicht mit der größtmöglichen erreichbaren Genauigkeit. Die Versuchsanordnung ist hier die in der obigen Figur angegebene. Die Röhre T ist ein Saccharimeterrohr, welches mit dem aus einem großen Behälter gespeisten Wassermantel C umgeben ist; die Röhre R ist in gleicher Weise wie T mit planparallelen, aufgekitteten Glasplatten verschlossen, besitzt an den Enden die Wasserspülung $m\,m'$ und ist umgeben von dem Dampfmantel M, der auch das Quecksilberthermometer t aufnimmt. Auf weitere Einzelheiten dieses Teils der Arbeit ist hier nicht einzugehen.

Der dritte Teil, wesentlich pyrometrischen Inhalts, ist bei weitem der umfangreichste; er enthält im ersten Abschnitt Untersuchungen über die verwendeten Platin-Platiniridium-Thermoelemente, im zweiten die Beschreibung eines elektrischen Ofens mit Platinheizspirale, im letzten die Bestimmung mehrerer Schmelz- und Siedepunkte in hohen Temperaturen.

Bekanntlich hat H. Le Chatelier ausgedehnte Untersuchungen über die zur Messung von Glühtemperaturen geeigneten Thermoelemente angestellt, welche zu dem Schluß führen, daß das Element Platin-Platiniridium dem anderen Platin-Platinrhodium entschieden nachsteht, weil jenes infolge eintretender Krystallisation in höheren Temperaturen brüchig wird, eine bekannte Tatsache, die durch neuere Untersuchungen völlig bestätigt ist. Mit Recht werden daher jetzt fast überall die Le Chatelierschen Platin-Platinrhodiumelemente verwendet. Umsomehr muß es demnach auffallen, daß der Verfasser keine weiteren Gründe für die Empfehlung der Platiniridium-Elemente anführt, als daß sie leichter im Handel zu haben und billiger sind. Es scheint also dem Verfasser nicht bekannt zu sein, daß in Deutschland seit Jahren ausschließlich für thermoelektrische Zwecke Platinrhodiumdraht in großen Quantitäten und von besonderer Reinheit hergestellt wird, sodaß von einer Schwierigkeit der Beschaffung keine Rede sein kann. Überdies — und darauf soll besonders Gewicht gelegt werden —

Von diesen geht das eine geradlinig durch das Rohr T weiter, während das andere m
des Prismas P um den Betrag der Kantenlänge desselben verschoben wird und, ohn
sein Parallelismus zum ersten Bündel verändert ist, das Rohr R durchsetzt. Nach d
lassen der Rohre werden die Halbbündel in der aus der Figur ersichtlichen Wei
vereinigt. Die Interferenzstreifen werden im Fernrohr Z beobachtet. Von den
wähnten Rohren T und R wird das letztere, versehen mit dem zu vergleichenden
messer t und mit dem äußeren Atmosphärendruck in Verbindung stehend, auf di
Temperatur
erstere, allse
und auf g
peratur
durch d
mit der
Mano
D
der
th
i



derselben und auf die experimentellen Ergebnisse eingegangen w
über die oben angegebene Bedingung zu bemerken, welche d
liegt, daß nämlich der Brechungsindex eines Gases eine wese
keit ist. Nun ist die Konstanz des spezifischen Brechun
wenigstens für Gase in der Nähe des atmosphärischen Dru

$$r = \frac{n-1}{s}$$

annehmen kann, unter n den Brechungsindex, unter s di
sowie von **Chappuis** und **Rivière** für Drucke bis 1
von **Benoît** für Temperaturen zwischen 0° und + 10
achtungsfehler liegenden Genauigkeit nachgewiesen
Verifikation des in Rede stehenden Gesetzes in de
genommen, ist daher nur innerhalb des Interval
nachgewiesen. Allein auch in Glühtemperaturen
haltenen Resultate mit den besten auf gastherm
barkeit der Methode außer Zweifel gestellt, so
vermögens der Gase tatsächlich ein Naturges
z. B. das **Mariotte-Gay-Lussacsche**.

Die Arbeit des Verfassers zerfällt in
II. Versuche unter 200° an den Siedep
suche in hohen Temperaturen mit elektr

Der Inhalt des ersten Abschnitts
wiedergegeben. Die experimentelle A
Weise. Die Lichtquelle S ist eine
vorzugt weißes Licht, um die Anzahl
ferenzstreifen nicht zählen zu br
ordnung mit möglichster Präzision
wesentlich abhängt; nicht min
Temperaturschwankungen beein
geschah auf kathetometrischem
dadurch bewirkt wurde, daß
eine Röhre mit Regulierhahn
bis die durch das Gesichtsfe
wieder auf Null einspielte

Kadmium
welcher ein
kreis geschaltet
beim Schmelzen
ktrisch erwärmte Rohr
dagegen mußte wegen der
besonderer Ofen eingeschaltet
emperatur auf thermoelektrischem
Für die Siedepunkte benutzte der
aus einem das siedende Metall ent-
welches der Heizdraht gewickelt war.
für die Schutzröhre des Thermoelements und
geleitet werden konnte. Der leicht eintretende
nach Angabe des Verfassers durch vorsichtige Heizung

sind folgende:
Siedepunkt des Selens: 690° + 1/10 (b — 760)
" Kadmiums: 778° + 1/9 (b — 760)
" Zinks: 918° + 1/8 (b — 760)
Schmelzpunkt des Silbers: 962°
" Goldes: 1064°

Hg bedeutet. Die gute Übereinstimmung dieser Werte mit
Beobachtungen zeigt die Brauchbarkeit der beschriebenen Methode
Temperaturintervall.

Rt.

…male Dispersion von Natriumdampf.

…W. Wood. *Phil. Mag. 3. S. 128. 1902.*

…essante Versuche über die theoretisch wichtige, anomale
… von Kundt beobachtet wurde. Behufs Erzeugung
… metallisches Natrium in einer Wasserstoff-
… direkte Herstellung eines Prismas von
… beiden, das Prisma begrenzenden Glas-
… angegriffen werden. Dem Verfasser
…ch Natriumdampf zu erzielen.
… Mitte eines 30 *cm* langen und
…nden Glasplatten gekittet
…t, so bildet sich über
… begrenzter Ober-
…stanter Dampf-
…e hindurch-

…lgender
…rizontalen

45 40

…ma versehenen Spektralapparats, der
…ng zerlegt. War dieses photographisch
…noch mit Natriumlicht beleuchtet, damit sich
… als feste Marken abbildeten.
…anomale Dispersionskurve nach Umwandlung des
…s. Wie man sieht, enthält das anomale Spektrum alle
…t Ausnahme eines Gebietes von etwa 20 Ångströmschen
…vom Natriumdampf absorbiert wird. Für alle Wellenlängen
…s bis *D* ist der Brechungsexponent von Natriumdampf größer
…gen dagegen, die kürzer als *D* sind, ist er kleiner als eins.
… es auch, die Abweichung der Brechungsexponenten von eins
…nordnung nach festzustellen. Da dunkler Natriumdampf das Bestreben
…ten Gegenständen zurückzuziehen, so wurde versucht, ihn durch An-
…kalten Körpern in die erforderliche prismatische Form zu bringen. Ver-
…er Richtung hatten einigen Erfolg. Zwei Stücke von starkwandigem Eisenrohr
…en Endflächen werden in die Dispersionsröhre eingeschoben. Beim Erhitzen des
…stückes bildet sich dann ein Natriumdampf-Prisma aus, dessen brechender Winkel
…ähr gleich dem sein wird, welchen die beiden Endflächen der Eisenrohre miteinander
…nen, etwa 130°. Dieses Prisma wird, wie gewöhnlich, auf das Tischchen eines Spektrometers mit vertikalem Spalt gesetzt. Die äußersten Enden des entstehenden horizontalen Spektrums, d. i. links und rechts, sind natürlich gelb. Die Ausmessung des Spektrums, das bei einem Fernrohrobjektiv von 46 *cm* Brennweite 2,2 *mm* lang war, ergab die Brechungsexponenten für die beiden am meisten abgelenkten gelben Wellenlängen mit Bezug auf Wasserstoff zu 1,0005 und 0,9994. Ähnliche Resultate wurden mit einer Einrichtung erhalten, bei welcher zwei elliptische, durchlochte Eisenbleche zum Formen des Natriumdampfes benutzt wurden.

Schck.

ist ausdrücklich zu warnen vor der Verwendung jedes beliebigen käuflichen Materials für thermoelektrische Zwecke, welches erfahrungsgemäß in den meisten Fällen von mangelhafter Reinheit ist, das Auftreten parasitischer Thermokräfte begünstigt und Veränderlichkeit der Angaben des Elements nicht ausschließt.

Zwei seiner Elemente hat der Verfasser in einem Zeitabstand mehrerer Jahre nachgeeicht und er hat dabei bis auf ein Tausendstel übereinstimmende Werte der Thermokräfte erhalten; es wird aber nicht mitgeteilt, ob die Anordnung der Elemente im Ofen, ihre Eintauchtiefe u. s. f. verändert war; erfahrungsgemäß werden erst dann etwaige Abweichungen in der Thermokraft der Elemente bemerkt.

Die Messung der elektromotorischen Kräfte geschah in der Weise, daß diejenigen des Platin-Platiniridiumelements gegen die eines Eisen-Kupfer-Elements kompensiert wurden; erst dieses wurde von Zeit zu Zeit an ein Clark-Element angeschlossen. Beiläufig empfiehlt der Verfasser, wenn es sich darum handelt, den Temperaturkoeffizienten des Galvanometers herabzudrücken, neben der Verwendung des Manganins noch Konstantan, was doch wegen seiner hohen Thermokraft gegen die Kupferzuleitungen gerade für thermoelektrische Zwecke nicht brauchbar ist.

Die Thermokräfte e der untersuchten Elemente lassen sich zwischen 400° und 1100° bis auf zwei Tausendstel nach der von Holman herrührenden Formel

$$\log t = a \log e + b$$

darstellen, wo a und b Konstanten bedeuten.

Ausführlich geht der Verfasser auf die Beschreibung der von ihm benutzten Pyrometeröfen mit elektrischer Heizung ein. Zur Verwendung gelangen mit Platin- oder Nickeldraht bewickelte Röhren aus Porzellan, Asbest oder Chamotte. Da derartige Öfen auch anderweitig verwendet und mehrfach beschrieben worden, sowie im Handel käuflich zu haben sind, erübrigt es sich, diesen Teil der Arbeit näher zu besprechen.

Endlich hat der Verfasser auch eine Anzahl thermometrischer Fixpunkte bestimmt, nämlich die Schmelzpunkte von Gold und Silber und die Siedepunkte von Selen, Kadmium und Zink. Die Schmelzpunkte wurden nach der „Drahtmethode“ ermittelt, bei welcher ein Stück Draht der zu untersuchenden Substanz in einen elektrischen Stromkreis geschaltet wird; die Temperaturmessung geschieht im Moment der Stromunterbrechung beim Schmelzen des Drahtes. Beim Gold konnte diese Anordnung direkt in das elektrisch erwärmte Rohr des optischen Thermometers gebracht werden; beim Silber dagegen mußte wegen der Änderung seines Schmelzpunktes durch Sauerstoffaufnahme ein besonderer Ofen eingeschaltet werden, durch den ein Stickstoffstrom geleitet und dessen Temperatur auf thermoelektrischem Wege mit der des Thermometerrohrs verglichen wurde. Für die Siedepunkte benutzte der Verfasser einen Apparat mit elektrischer Heizung, der aus einem das siedende Metall enthaltenden zylindrischen Porzellangefäß bestand, um welches der Heizdraht gewickelt war. Ein passender Deckel enthielt Durchbohrungen für die Schutzröhre des Thermoelements und zwei Röhrchen, durch welche Stickstoff geleitet werden konnte. Der leicht eintretende Fehler der Dampfüberhitzung konnte nach Angabe des Verfassers durch vorsichtige Heizung vermieden werden.

Die ermittelten Werte sind folgende:

Siedepunkt des Selens:	$690° + \frac{1}{10}(b - 760)$
„ „ Kadmiums:	$778° + \frac{1}{9}(b - 760)$
„ „ Zinks:	$918° + \frac{1}{8}(b - 760)$
Schmelzpunkt des Silbers:	962°
„ „ Goldes:	1064°

wo b der Barometerstand in *mm* Hg bedeutet. Die gute Übereinstimmung dieser Werte mit den besten anderweitigen Beobachtungen zeigt die Brauchbarkeit der beschriebenen Methode für das benutzte Temperaturintervall. *Rt.*

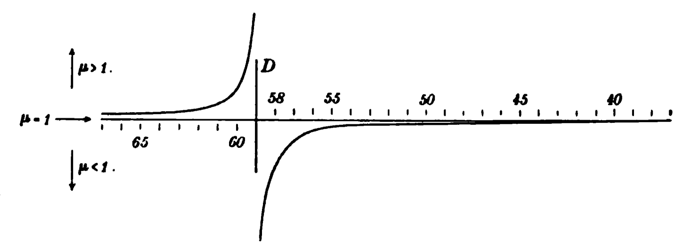
Anomale Dispersion von Natriumdampf.

Von R. W. Wood. *Phil. Mag. 3. S. 128. 1902.*

Die Arbeit enthält mehrere interessante Versuche über die theoretisch wichtige, anomale Dispersion des Natriumdampfes, die zuerst von Kundt beobachtet wurde. Behufs Erzeugung von nicht leuchtendem Natriumdampf wird metallisches Natrium in einer Wasserstoff-Atmosphäre durch Erwärmen verflüchtigt. Die direkte Herstellung eines Prismas von Natriumdampf scheitert hauptsächlich daran, daß die beiden, das Prisma begrenzenden Glas- oder Glimmerplatten zu schnell von dem Natriumdampf angegriffen werden. Dem Verfasser gelang es aber, auf folgende Weise eine Lichtbrechung durch Natriumdampf zu erzielen.

Ein Stück Natrium von etwa 5 *mm* im Kubus wird in die Mitte eines 30 *cm* langen und 2 *cm* weiten Glas- oder Eisenblechrohres gebracht, auf dessen Enden Glasplatten gekittet werden. Wird dann das Natrium durch einen Bunsenbrenner erhitzt, so bildet sich über dem Natrium eine dunkle, kugelförmige Dampfhülle mit ziemlich scharf begrenzter Oberfläche, und zwar besteht die Dampfhülle aus horizontalen Schichten von konstanter Dampfdichte, welche nach oben hin abnimmt. Das durch eine solche Dispersionsröhre hindurchgehende Licht wird daher in vertikaler Richtung spektral zerlegt werden.

Bilder der anomalen Dispersion von Natriumdampf wurden photographisch in folgender Weise erhalten. Das Licht einer Bogenlampe wird mittels einer Linse auf den horizontalen Spalt eines Kollimators geworfen und geht darauf durch eine Dispersionsröhre, die fünf, je 7 *cm* voneinander entfernte Natriumstücke enthält. Eine zweite Kollimatorlinse entwirft dann das durch den Natriumdampf erzeugte vertikale Spektrum auf dem vertikalen Spalt eines gewöhnlichen, mit Prisma versehenen Spektralapparats, der nun das vertikale Spektrum in horizontaler Richtung zerlegt. War dieses photographisch aufgenommen, so wurde der Spektrometerspalt noch mit Natriumlicht beleuchtet, damit sich auf der photographischen Platte die *D*-Linien als feste Marken abbildeten.



Die nebenstehende Figur zeigt die anomale Dispersionskurve nach Umwandlung des prismatischen Spektrums in ein normales. Wie man sieht, enthält das anomale Spektrum alle Farben des sichtbaren Spektrums mit Ausnahme eines Gebietes von etwa 20 Ångströmschen Einheiten bei den *D*-Linien, das vom Natriumdampf absorbiert wird. Für alle Wellenlängen vom roten Ende des Spektrums bis *D* ist der Brechungsexponent von Natriumdampf größer als eins, für alle Wellenlängen dagegen, die kürzer als *D* sind, ist er kleiner als eins.

Dem Verf. gelang es auch, die Abweichung der Brechungsexponenten von eins wenigstens der Größenordnung nach festzustellen. Da dunkler Natriumdampf das Bestreben hat, sich vor kalten Gegenständen zurückzuziehen, so wurde versucht, ihn durch Annäherung von kalten Körpern in die erforderliche prismatische Form zu bringen. Versuche in dieser Richtung hatten einigen Erfolg. Zwei Stücke von starkwandigem Eisenrohr mit schrägen Endflächen werden in die Dispersionsröhre eingeschoben. Beim Erhitzen des Natriumstückes bildet sich dann ein Natriumdampf-Prisma aus, dessen brechender Winkel ungefähr gleich dem sein wird, welchen die beiden Endflächen der Eisenrohre miteinander bilden, etwa 130°. Dieses Prisma wird, wie gewöhnlich, auf das Tischchen eines Spektrometers mit vertikalem Spalt gesetzt. Die äußersten Enden des entstehenden horizontalen Spektrums, d. i. links und rechts, sind natürlich gelb. Die Ausmessung des Spektrums, das bei einem Fernrohrobjektiv von 46 *cm* Brennweite 2,2 *mm* lang war, ergab die Brechungsexponenten für die beiden am meisten abgelenkten gelben Wellenlängen mit Bezug auf Wasserstoff zu 1,0005 und 0,9994. Ähnliche Resultate wurden mit einer Einrichtung erhalten, bei welcher zwei elliptische, durchlochte Eisenbleche zum Formen des Natriumdampfes benutzt wurden.

Schck.

Theorie des Okularspektroskopes.

Von F. L. O. Wadsworth. *Astrophys. Journ.* **16.** *S. 1. 1902.*

Neue Art von Spektroskop mit negativem Kollimator.

Von Demselben. *Ebenda* **16.** *S. 12. 1902.*

In der ersten Abhandlung untersucht der Verfasser die Leistungsfähigkeit einiger Formen des Okularspektroskopes, und zwar bespricht er besonders eingehend gerade diejenigen Formen, deren Unbrauchbarkeit schon seit langem bekannt, und deren Anwendung daher nur ganz in den Anfängen der spektroskopischen Beobachtung versucht worden ist. Bekanntlich bleibt ein konvergentes homozentrisches Lichtbüschel nach seinem Durchgange durch ein Prisma im allgemeinen nicht homozentrisch, dies findet vielmehr nur statt, wenn das Bündel unendlich dünn ist und es das Prisma im Minimum der Ablenkung durchsetzt. Bringt man daher in dem Strahlenkegel eines auf einen Fixstern gerichteten Objektivs entweder vor oder auch hinter dem Fokus ein Prisma an, welches die Strahlen im Minimum der Ablenkung passieren, so wird man nur bei sehr geringer Öffnung des abbildenden Strahlenbüschels ein einigermaßen scharfes Spektrum erhalten. Wollte man z. B. ein 60°-Prisma mit 25 *mm* freier Öffnung anwenden, so dürfte, wenn seine auflösende Kraft ganz zur Geltung kommen soll, das Objektiv nur eine Öffnung von $f:280$ haben; dies ist natürlich eine unbrauchbare Konstruktion. Erheblich günstiger liegen die Verhältnisse schon bei der Anwendung eines Prismensatzes mit gerader Durchsicht, da sich bei diesem die Aberration für eine bestimmte Wellenlänge völlig beseitigen läßt. Auch in der Nachbarschaft des streng korrigierten Strahles ist die Aberration noch so gering, daß bei den üblichen Öffnungen der astronomischen Fernrohre, die in der Nähe von $f:17$ liegen, die Anwendung eines Prismensatzes von mäßiger Trennungskraft zulässig wird. Ist der Satz z. B. für die Fraunhofersche Linie C genau korrigiert, so kann man, wie der Verfasser zeigt, bei passender Konstruktion des Systems auch die D-Linien noch trennen.

Nur mit wenigen Worten geht der Verfasser auf die jetzt allgemein übliche Anwendungsart des Okularspektroskopes ein, bei welcher der Prismensatz mit gerader Durchsicht nicht innerhalb des Fernrohrs, sondern erst zwischen Okular und Auge eingeschaltet wird. Hierbei ist die Öffnung des Strahlenkegels wesentlich geringer, etwa 1:50, wodurch der schädliche Einfluß der Aberration stark vermindert wird, und man hat außerdem den Vorteil, daß die spektroskopische Beobachtung ohne umständliche Veränderung am Refraktor, namentlich ohne das Fadenmikrometer abnehmen zu müssen, ausgeführt werden kann. Der vom Verfasser gemachte Einwand, daß bei dieser Anordnung die Ausführung von Messungen bezw. photographischen Aufnahmen nicht möglich sei, ist nicht zutreffend; schon im Jahre 1873 gab H. C. Vogel ein sehr praktisches Okularspektroskop mit Messvorrichtung an, und daß im Bedarfsfalle auch photographische Aufnahmen möglich wären, ist aus H. W. Vogels bekanntem Spektrographen zu erkennen. Zwar kann man wegen der geringen Öffnung der menschlichen Pupille nur ziemlich kleine Prismen mit geringer trennender Kraft zur Anwendung bringen; allein dies ist kaum als ein Übelstand zu betrachten, da ja im allgemeinen schon die Lichtschwäche der mit dem Okularspektroskop beobachteten Objekte die Beschränkung auf sehr schwache Dispersion notwendig macht. Den Schluß des Verf., daß das Okularspektroskop in seiner bisherigen Form nicht geeignet sei, die Forderungen der modernen Spektroskopie zu erfüllen, kann Ref. daher nicht völlig unterschreiben.

In der zweiten Arbeit entwickelt der Verf. die Theorie des negativen Kollimators, den er zur Beseitigung der Mängel des Okularspektroskopes in Vorschlag bringt. Das Okularspektroskop hat ebenso wie das Objektivprisma gegenüber den zusammengesetzten Spaltspektroskopen den Vorzug größerer Lichtstärke, zeichnet sich aber vor dem Objektivprisma selbst wieder durch die wesentlich geringeren Anschaffungskosten aus. Jede Verbesserung dieses wichtigen optischen Hülfsmittels ist daher mit Freuden zu begrüßen. Der Verf. schlägt nun vor, die vom Fernrohrobjektiv kommenden Strahlen vor ihrer Vereinigung im Brennpunkt durch Einschaltung einer negativen Linse parallel zu machen. Die parallelen

Strahlen durchlaufen das Prisma und werden dann durch eine positive Linse zu einem Bilde vereinigt, welches entweder durch ein Okular beobachtet oder auch auf einer photographischen Platte aufgenommen werden kann. Es können hierzu, wie gezeigt wird, zwei einfache Linsen genommen werden, oder man kann auch, wenn es erwünscht sein sollte, einen Teil der chromatischen Aberration des Fernrohrobjektivs dadurch korrigieren, daß man die Negativlinse in geeigneter Weise aus zwei Glasarten zusammensetzt. Wie man sieht, unterscheidet sich diese neue Form des Spektroskopes vom bisherigen Spaltspektroskop nur durch die Art des Kollimators und die dadurch bedingte Unmöglichkeit, einen Spalt anzubringen. In seiner optischen Wirkung, hinsichtlich der Lichtstärke und auflösenden Kraft entspricht dasselbe völlig einem Spaltspektroskop, von welchem man nur den Spalt entfernt hat. Haben Kollimator- und Kameraobjektiv gleiche Brennweite, so gehen — die optischen Teile des Spektralapparates als fehlerfrei vorausgesetzt — die Bildfehler des Fernrohrobjektivs sowie die durch Luftunruhe und Schwankungen des Fernrohrs erzeugten Bewegungen des Bildes unvermindert in das Spektrum ein. Man hat daher diese spaltlosen Spektralapparate als einen, wegen der relativen Billigkeit recht beachtenswerten, Ersatz für das Objektivprisma anzusehen. Nur in vereinzelten Fällen wird jedoch der negative Kollimator dem positiven vorzuziehen sein, und zwar hauptsächlich, wenn es auf Raumersparnis ankommt oder wenn, wie bei dem im Jahre 1900 von Campbell konstruierten Quarzspektrographen, die Aberrationen der negativen und positiven Linse sich gegenseitig aufheben sollen; auch die vom Verf. vorgeschlagene Ersetzung der Negativlinse durch einen Spiegel (bei Verwendung des Spektralapparates an einem Spiegelteleskop) dürfte zu empfehlen sein. Will man dagegen den Apparat als eigentliches Okularspektroskop an einem mit Fadenmikrometer versehenen Refraktor benutzen, so ist die Verwendung des negativen Kollimators ganz ausgeschlossen, und Referent würde in Fällen, wo das Prisma mit gerader Durchsicht zwischen Auge und Okular nicht genügt, die Anwendung eines kleinen Spektralapparates mit positivem Kollimator, dessen Spalt leicht weit geöffnet werden kann, empfehlen; zur Ausführung von Messungen kann das von der letzten Prismenfläche reflektierte Bild einer Skale dienen, und auch photographische Aufnahmen sind nach Vertauschung des Okulars mit einer photographischen Platte möglich. *J. Hartmann.*

Eisenprüfapparat für ganze Blechtafeln.

Von R. Richter. *Elektrotechn. Zeitschr.* **24.** *S. 341. 1903.*

Schon seit mehreren Jahren ist angeregt worden, die Untersuchung von Eisenproben auf magnetische Eigenschaften für technische Zwecke nach der sogenannten Wattmetermethode auszuführen. Diese Methode besteht darin, daß man aus dem zu untersuchenden Eisen einen Ring herstellt, denselben gleichmäßig bewickelt und in die Wicklung Wechselstrom schickt; dann wird mittels eines Wattmeters der Energieverlust gemessen, der sich aus ohmischem Verlust in der Wicklung, Hysteresis im Eisen und Wirbelströmen im Eisen zusammensetzt.

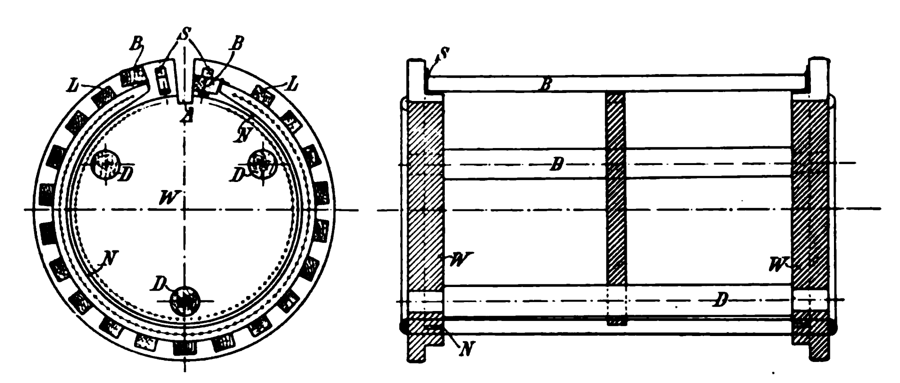
Seitdem nun durch den Verband Deutscher Elektrotechniker die Eisenuntersuchung nach dieser Methode vorgeschrieben worden ist (vgl. *Elektrotechn. Zeitschr.* **22.** *S. 801. 1901*), sind mehrere Apparate für diesen Zweck konstruiert worden. Der erste und älteste Apparat rührt von Epstein her (*a. a. O.* **21.** *S. 303. 1900*); aus Blechstreifen von 500 *mm* Länge und 40 *mm* Breite werden vier Pakete gebildet, über welche Magnetisierungsspulen geschoben werden. Die Pakete werden auf einem Brett zu einem Quadrat zusammengelegt, mittels hölzerner Klemmbacken festgehalten und mit einem Holzhammer möglichst dicht zusammengeschlagen. Trotzdem wird der magnetische Widerstand der Stoßfugen und somit auch die Streuung bedeutend sein.

Dieser Übelstand wird vermieden bei dem Apparat von Möllinger (*a. a. O.* **22.** *S. 379. 1901*), bei dem Eisenblechringe von 21,9 *cm* innerem und 32,3 *cm* äußerem Durchmesser verwandt werden. Ein Paket solcher Ringe wird in die Magnetisierungswicklung eingelegt. Jede Windung der letzteren besteht aus einem biegsamen Kabel und einem Stöpsel, der in

den Anfang der benachbarten Windung eingesetzt werden kann. Durch Vereinigen mehrerer Stöpsel in einen Rahmen, der ein gleichzeitiges Einstecken der Stöpsel gestattet, ist das Schließen der Magnetisierungswicklung nicht zu zeitraubend. Der hauptsächliche Nachteil dieses Apparates liegt wohl darin, daß zuviel Material verbraucht wird.

Dieser Umstand veranlaßte Richter zur Konstruktion eines Apparates, bei dem die ganzen Blechtafeln, wie sie fabrikationsmäßig aus der Hütte kommen, als Ganzes untersucht werden. Nachdem der erste von Richter konstruierte Apparat (*a. a. O.* **23.** *S. 491. 1902*) durch Brion (*a. a. O.* **24.** *S. 177. 1903*) in einigen Punkten abgeändert worden war, ist nunmehr von Richter ein neuer Apparat beschrieben worden, der von der Firma Siemens & Halske A.-G. in den Handel gebracht wird.

In dem Apparat können Bleche von der normalen Größe 2000×1000 *mm* untersucht werden. Die Bleche werden in ein zylindrisches, hölzernes Gestell an der Stelle *A* eingeschoben (vgl. die Figur); die kreisförmigen Endflächen *W*, die durch kräftige Balken *D* aus-



einander gehalten werden, besitzen Führungsnuten *N*. Windungen aus blankem Kupferdraht sind zwischen den Endflächen so ausgespannt, daß sie die Eisenbleche ziemlich dicht umgeben; die Leisten *L* sollen die Drähte vor Beschädigung schützen. An der Stelle, wo die Eisenbleche eingebracht werden, können zwei von den den Zylindermantel bildenden Balken *B* zurückgeklappt werden. Sind die Bleche eingebracht und ist die Stoßfuge gebildet, so werden die Balken niedergedrückt und durch Schnappfedern *S* festgehalten. Sind die Tafeln 0,5 *mm* dick, so werden vier Stück, sind sie 0,3 *mm* dick, so werden sechs Stück gleichzeitig eingebracht. Die Stoßfuge wird am besten in der Weise gebildet, daß die einzelnen Enden abwechselnd über einander gelegt werden (Überlappung). Zur Vermeidung von Wirbelströmen, die das Resultat fälschen können, werden die Ränder der Bleche mit Papiermanschetten umgeben. Die Streuung an der Stoßfuge ist so gering, daß sie für praktische Messungen nicht mehr in Frage kommt. Dagegen ist zu berücksichtigen, daß nur ein Bruchteil des Windungsquerschnittes mit Eisen ausgefüllt ist; dafür ist eine kleine Korrektion anzubringen. *E. O.*

Neu erschienene Bücher.

L. Koenigsberger, Hermann von Helmholtz. In 3 Bänden. gr. 8°. XII, 375 S. m. 3 Bildnissen, XIV, 383 S. m. 2 Bildnissen u. X, 142 S. m. 4 Bildnissen u. e. Brief-Facsimile. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1902/03. 20,00 M.; geb. in Leinw. 25,00 M.; in Halbfrz. 31,00 M.

In drei stattlichen und schön ausgestatteten Bänden hat L. Koenigsberger, der Heidelberger Mathematiker, das Leben und die Arbeiten des größten deutschen Naturforschers geschildert, mit dem er in langjährigen persönlichen und wissenschaftlichen Beziehungen gestanden hat. Die Darstellung ist schlicht und schmucklos, sie trägt durch die überall herangezogenen Belege aus Briefen und anderen Aufzeichnungen von Helmholtz, seinen

Angehörigen und Freunden fast den Charakter des Dokumentarischen, Aktenmäßigen. Und doch leuchtet die begeisterte Verehrung des Verf. für seinen Helden überall hervor, und das Bild des gewaltigen Denkers und Forschers ersteht in reiner Größe und Erhabenheit vor dem Auge des Lesers.

Wenn Helmholtz in Gesellschaft still war, mehr freundlich empfangend als gebend, so zeigt er sich in den hier abgedruckten Briefen an seine Eltern, an seine erste und seine zweite Gemahlin sehr mitteilsam und voll liebenswürdigen Humors; mit wenigen kecken Strichen weiß er Menschen und Zustände plastisch zu zeichnen und mit liebevoller Gründlichkeit sucht er den Eindruck anschaulich zu machen, den er von großen Kunstwerken auf seinen Reisen empfangen hat.

Trotz seiner beispiellosen inneren und äußeren Erfolge hat er sich bis in sein hohes Alter ein kindlich reines Gemüt bewahrt, eine herzliche Freude an heiterer Geselligkeit und eine hingebende Begeisterung für die Schönheit der Natur und die edlen Gaben der Künste, in erster Reihe der Musik. War er sich auch voll seiner Größe und des Wertes seiner Leistungen bewußt, so gab er sich doch in einer wunderbar bescheidenen, einfachen Art, vollkommen frei von jeder Selbstüberhebung und Eitelkeit. Wie er die ganze Welt mit den Augen des Naturforschers anschaute, von dem einzigen Streben beseelt, ihre Geheimnisse zu erforschen und ihre Gesetze zu erkennen, so betrachtete er auch sich selbst und die Dinge in sich als natürliche Objekte, die er zu ergründen suchte, um die Bedingungen kennen zu lernen, unter denen sein Geist die hohen Aufgaben, die er ihm stellte, am besten zu lösen vermochte. So schildert er in der berühmten Tischrede bei der Feier seines siebzigsten Geburtstages eingehend die Methode seines Arbeitens und Forschens und gibt Erfahrungen darüber zum besten, wo und wie ihm die für den Fortschritt seiner Arbeiten nötigen guten Einfälle gekommen sind, Erfahrungen, „die vielleicht andern noch nützlich werden können".

Bei einem Mann wie Helmholtz stehen die äußeren Lebensschicksale im engsten Zusammenhange mit seinen wissenschaftlichen Arbeiten und so hat auch Koenigsberger die Besprechung der Arbeiten chronologisch in die Erzählung des Lebensganges eingereiht, indem er von allen wichtigeren Abhandlungen ziemlich ausführliche, rein wissenschaftlich gehaltene Referate gibt. Wenn es auch keinen Menschen gibt, der alle Helmholtzschen Arbeiten voll zu verstehen und sachverständig zu beurteilen vermöchte, und wenn auch das beste Referat nicht imstande ist, selbst dem Fachmann den Inhalt und die Bedeutung einer einzelnen Helmholtzschen Abhandlung vollkommen klar zu machen, so wird die von Koenigsberger gegebene Darstellung doch jedem Leser eine lebendige Anschauung von der überwältigenden Fülle und Tiefe und der beispiellosen Vielseitigkeit der Helmholtzschen Arbeiten geben.

Menschlich am interessantesten ist der erste Band, in welchem uns Helmholtz als Werdender entgegentritt. Besonders fesselnd sind die frischen, fröhlichen Briefe, die er als Jüngling an seine Eltern sendet, und mit plastischer Deutlichkeit tritt der Gegensatz der wissenschaftlichen Grundanschauungen hervor, der zwischen ihm und seinem Vater bestand. Dieser, ein in den Überlieferungen der klassischen Bildung aufgehender, von der Fichteschen Philosophie begeisterter, tüchtiger und edeldenkender Gymnasiallehrer, war geneigt, die aufstrebende experimentelle Methode als etwas Untergeordnetes, wenn nicht gar als einen Irrweg zu betrachten, sodaß er die ersten Arbeiten seines Sohnes wohl innerlich mit einer Art von Mißtrauen verfolgte. Dennoch sucht er sich über dessen Bestrebungen auf dem Laufenden zu erhalten, und der Briefwechsel zwischen Vater und Sohn spiegelt in anschaulicher Weise den Kampf zwischen der alten naturphilosophischen und der modernen naturwissenschaftlichen Richtung wieder, gemildert durch die väterliche Liebe und den kindlichen Respekt. Schön und erhebend ist das Bild der reinen und neidlosen Freundschaft, welche zwischen Helmholtz und seinen Mitstrebenden, du Bois-Reymond, Brücke und Ludwig besteht, und so ist das Buch nicht nur ein ehrendes Denkmal für Helmholtz selbst, sondern auch für seine Freunde, besonders den dem Freunde gegenüber aufopfernd

selbstlosen du Bois-Reymond, der von Anfang an die Superiorität von Helmholtz bewundernd anerkennt und sogar eine wissenschaftliche Korrektur von seiten des Freundes, wenn auch nach anfänglichem Widerstreben, freimütig hinnimmt. Tragisch ist die Geschichte des kurzen, innigen Glückes von Helmholtz' erster Ehe.

Der zweite und dritte Band zeigen Helmholtz auf der Höhe seines Ruhmes und in dem dauernden, glücklichen Bunde mit seiner durch Geist und Anmut hervorragenden zweiten Gattin. Aber auch hier fielen auf das Glück seines Hauses tragische Schatten durch Tod und Siechtum geliebter Kinder. Von den zahlreichen hier wiedergegebenen Auszügen aus dem Briefwechsel von Helmholtz mit wissenschaftlichen Freunden sind wohl die interessantesten diejenigen, welche sich auf das Verhältnis zu seinem genialen Schüler Hertz beziehen. Im ganzen überwiegen in den beiden letzten Bänden die rein wissenschaftlichen Darlegungen bei weitem alles Persönliche.

Wenn das Koenigsbergersche Werk wegen seines streng wissenschaftlichen Charakters auf das große Publikum weniger Anziehung ausüben dürfte, als man einer Helmholtz-Biographie wohl wünschen möchte, so wird doch jeder gebildete Leser in ihm eine reiche Quelle der Erhebung und des Genusses finden. Wer selbst sein Leben der Wissenschaft geweiht hat, kann wohl manchmal niedergedrückt werden beim Anblick dieses Gewaltigen, neben dem sich jeder klein und erbärmlich erscheinen muß. Aber das Beispiel des Großen, der mit genialer Kraft das Höchste erfaßt und dem doch das Kleinste und Unscheinbarste nicht zu unbedeutend ist, um es mit Mühe und Fleiß zu erforschen, wird auch den Mut des Schwachen stählen und sein Streben neu beleben. Wenn es uns nicht vergönnt ist, *mit* Helmholtzschem Geist zu schaffen, so wollen wir uns wenigstens bestreben, *in* seinem Geist zu wirken.

E. Pringsheim.

H. v. Helmholtz, Vorlesungen üb. theoretische Physik. Hrsg. v. A. König, O. Krigar-Menzel, F. Richarz, C. Runge. VI. Bd. Lex. 8°. Leipzig, J. A. Barth.
VI. Vorlesgn. üb. Theorie d. Wärme. Hrsg. v. F. Richarz. XII, 419 S. m. 40 Fig. 1903. 16,00 M.; geb. 17,50. M.

J. Basin, *Leçons de Physique: Pesanteur, Chaleur.* 5. Ausg. 8°. 364 S. m. Fig. Paris 1903. 2,20 M.

J. W. Rayleigh, *Scientific Papers.* Bd. IV: 1892—1901. roy.-8°. Mit Fig. Cambridge 1902. Geb. in Leinw. 15,50 M.
Das vollständ. Werk, 4 Bände. Mit Fig. 1901—1903. Geb. in Leinw. 62,00 M.

R. W. Stewart, *Higher Textbook of Heat.* 8°. 396 S. m. Fig. London 1903. Geb. in Leinw. 6,80 M.

J. H. vant 't Hoff, Vorlesgn. üb. theoretische u. physikalische Chemie. 2. Hft. Die chem. Statik. 2. Aufl. X, 150 S. m. Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 4,00 M.

H. Burkhardt, Funktionentheoretische Vorlesungen. I. Bd. 1. Hft. Algebraische Analysis. gr. 8°. XII, 195 S. m. Fig. Leipzig, Veit & Co. 1903. 5,20 M.; geb. in Leinw. 6,20 M.

Fortschritte der Physik. Namen-Register nebst e. Sach-Ergänzungsregister zu Bd. XLIV (1888) bis LIII (1897). Unter Mitwirkg. von Dr. E. Schwalbe bearb v. Dr. G. Schwalbe. XVIII, 1043 S. gr. 8°. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 60,00 M.

J. Bosscha, *Leerboek der Natuurkunde en van haare voornaamste Toepassingen.* Bd. IV. 6. Aufl., bearb. v. R. Sissingh. gr. 8°. XVI, 720 S. m. 4 Taf. u. Holzschnitten. 23,00 M.

H. A. Rowland, *Physical Papers, 1876—1901. Collected for publication by a Committee of the Faculty of the Johns Hopkins University.* 8°. 716 S. m. 1 Porträt und 11 Tafeln. Baltimore 1903. Geb. in Leinw. 31,50 M.

B. Weinberg, *L'enseignement pratique de la Physique dans 206 laboratoires de l'Europe, de l'Amérique et de l'Australie.* gr. 8°. 126 S. Odessa 1902. 4,00 M.

A. H. Bucherer, Elemente der Vektor-Analysis. Mit Beispielen aus der theoret. Physik. gr. 8°. VI, 91 S. m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1903. Geb. in Leinw. 2,40 M.

A. Angot, *Instructions météorologiques.* 4. Aufl. gr. 8°. VI, 163 S. m. 4 Taf. u. 29 Fig. Paris 1903. 4,00 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. **Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. A. **Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. E. **Abbe**, Dr. H. **Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **August 1903.** Achtes Heft.

Die Durchlässigkeit einer Anzahl Jenaer optischer Gläser für ultraviolette Strahlen.

Von

Dr. **H. A. Krüss** in Hamburg.

(Fortsetzung von S. 207.)

Theorie des Apparates.

Es wird vorausgesetzt, was, wie sich im folgenden zeigen wird, mit sehr geringen Abweichungen auch wirklich der Fall war, daß die aus der Blende b_1 austretenden beiden parallelen Lichtbündel von gleicher Intensität J und durch die beiden Polarisatoren P_1 und P_2 rechtwinklig zueinander polarisiert sind. Sie durchlaufen beide dasselbe absorbierende Medium, aber in verschiedener Dicke a und b; im übrigen sind ihre Lichtwege kongruent. Sie werden in ihrer Intensität verschieden geschwächt allein durch die verschiedene Absorption in den Glasdicken a und b. Die Verluste durch Reflexion sind auf beiden Wegen dieselben, falls die Flächen, durch die das Licht in die absorbierenden Glasstücke ein- und austritt, von gleicher Beschaffenheit sind und sich in entsprechend gleicher Orientierung zu den einfallenden Strahlen befinden. Diese Bedingung konnte als erfüllt angesehen werden durch die Gleichmäßigkeit des technischen Verfahrens bei der Herstellung der Politur und durch die Art der Anbringung der Glasstücke im Photometer.

Wird nun mit A der Durchlässigkeitsfaktor der absorbierenden Substanz bezeichnet, d. h. der Bruchteil der eindringenden Lichtintensität, auf den dieselbe nach Durchstrahlung der Dickeneinheit der absorbierenden Substanz vermindert worden ist, so ist die eine Hälfte des Photometerfeldes beleuchtet mit der Intensität $J \cdot A^a$, die andere mit der Intensität $J \cdot A^b$. Bei einer bestimmten Stellung α_1 des Analysators A erscheinen dann die beiden Felder gleich hell.

Werden nun die beiden Glasdicken a und b miteinander vertauscht, so vertauschen sich auch die Intensitäten der Beleuchtung der beiden Photometerfelder, und es ist eine Drehung des Analysators um den Winkel α in die Stellung α_2 nötig, damit die beiden Photometerfelder wieder gleich hell erscheinen.

Fig. 5.

Geometrisch und rechnerisch stellen sich die Verhältnisse folgendermaßen dar (Fig. 5).

Es sei $O P_1$ die Schwingungsrichtung des Polarisators P_1, $O P_2 \perp O P_1$ die von P_2. Die Intensität des nach $O P_1$ schwingenden Lichtes sei $O m_1 = J \cdot A^a$, die des nach $O P_2$ schwingenden $O n_2 = J \cdot A^b$. Diejenige Polarisationsebene, bezüglich derer die Kompo-

nenten dieser beiden Intensitäten gleich sind, ergibt sich als das Lot $O\alpha_1$ von O auf die Verbindungslinie $m_1 n_2$. Die Komponenten von $J \cdot A^a$ und $J \cdot A^b$ in dieser Polarisationsebene sind

$$J \cdot A^a \cdot \cos^2 \measuredangle P_1 O \alpha_1 = J \cdot A^b \cdot \cos^2 \measuredangle P_2 O \alpha_1.$$

Erhält nun das nach $O P_2$ schwingende Licht die Intensität $O m_2 = J \cdot A^a$, das nach $O P_1$ schwingende die Intensität $O n_1 = J \cdot A^b$, so ergibt sich analog $O\alpha_2$ als die Schwingungsrichtung, bezüglich derer die Komponenten gleich sind, und es folgt

$$J \cdot A^a \cdot \cos^2 \measuredangle P_2 O \alpha_2 = J \cdot A^b \cdot \cos^2 \measuredangle P_1 O \alpha_2,$$

eine Gleichung, die identisch ist mit der vorigen.

Der Winkel $\alpha_1 O \alpha_2$ ist der oben als α bezeichnete, um den der Analysator aus einer Gleichheitsstellung in die andere gedreht werden muß. Wird noch der Winkel $P_2 O \alpha_2 = P_1 O \alpha_1$ mit β bezeichnet, so ist

$$J \cdot A^a \cdot \cos^2 \beta = J \cdot A^b \cdot \cos^2 (\alpha + \beta).$$

Nun ist

$$\beta = 45^0 - \frac{\alpha}{2},$$

also

$$A^{a-b} = \frac{\cos^2\left(45^0 + \frac{\alpha}{2}\right)}{\cos^2\left(45^0 - \frac{\alpha}{2}\right)} = \operatorname{cotg}^2\left(45^0 + \frac{\alpha}{2}\right).$$

Die Bestimmung des Winkels α in der oben angegebenen Weise genügt somit zur Berechnung des Durchlässigkeitsfaktors der betreffenden absorbierenden Substanz.

Durch Bunsen ist als Maß für die Absorption der Extinktionskoeffizient k eingeführt, als die reziproke Dicke derjenigen Schicht, die die eindringende Lichtintensität auf die Größe $1/e$ ($e = 2{,}718\ldots$) herabsetzt. Der Extinktionskoeffizient ist somit eine Größe, die im Gegensatz zum Durchlässigkeitsfaktor A mit steigender Absorption wächst. Nach der Definition besteht zwischen A und k die Beziehung

$$A = e^{-k};$$

für $k = 1$ wird

$$A = \frac{1}{e}.$$

Justierung des Apparates.

Durch richtige Einstellung des Beleuchtungsapparates, bestehend aus der Lichtquelle und der Kondensorlinse l_1 sowie der beiden Spalte s_1 und s_2, wurde zunächst dafür gesorgt, daß im ganzen Apparate der Strahlenverlauf symmetrisch zur Achse erfolgte und die vorhandenen Öffnungen der Objektive vollständig ausgenutzt wurden.

Was den Spektralapparat anbetrifft, so brauchten die beiden Prismen nicht im Minimum zu stehen für die gerade benutzte Wellenlänge. Es kam vor allem nur darauf an, ihre Öffnung möglichst vollständig auszunutzen, um möglichst wenig an Lichtintensität zu verlieren. Es genügte so fast für den ganzen benutzten Bereich, sie ungefähr für die Mitte in die Minimumstellung zu bringen; es geschah dieses für die Mg-Linie $\lambda = 384\,\mu\mu$. Allein für $\lambda = 309\,\mu\mu$ mußte diese Stellung etwas geändert werden, da die Dispersion hier schon sehr beträchtlich wurde.

Da die Quarz-Flußspat-Objektive in dem ganzen Bereich achromatisch waren, so brauchte auch der Photometerspalt s_2 während der ganzen Versuche nicht verrückt zu werden.

Mittels eines auf Unendlich eingestellten Fernrohres wurde für $\lambda = 384\,\mu\mu$ die Linse l_3 in die Stellung gebracht, daß sich der Spalt s_2 in ihrem Brennpunkt befand. Auch ihre Stellung brauchte in dem ganzen Bereich nicht verändert zu werden, da an die aus ihr austretenden beiden Bündel nur die Anforderung gestellt wurde, daß sie ungehindert durch die beiden Glasstücke gingen, was stets kontrolliert wurde, und daß sie im Apparat keine störenden Bilder des Spaltes s_2 erzeugte.

Mittels des Okulares ($l_4\, l_5$) wurde durch die beiden Biprismen p_3 und p_4 hindurch auf die Öffnungen der Blende b_1 eingestellt und p_3 und p_4 so justiert, daß die Bilder der beiden Öffnungen in einer Horizontalen lagen, damit späterhin an der vorderen Kante von p_4 wirklich die beiden Strahlenbündel in einen Querschnitt zusammenfielen.

Daß die beiden aus dem ersten Biprisma p_3 austretenden Bündel symmetrisch zur vorderen Kante auf p_4 fielen, erzielte man, indem man p_3 zunächst so weit von p_4 entfernte, daß die inneren Ränder der beiden Bündel und dazwischen ein schmaler dunkler Zwischenraum im Gesichtsfeld erschienen. Es wurde dann p_4 seitlich so verschoben, daß die Mitte dieses Zwischenraumes auf die Kante von p_4 fiel. Das erste Biprisma p_3 wurde dann so weit genähert, bis die Beleuchtung des Photometerfeldes eine möglichst günstige war.

Schließlich kam es noch darauf an, die beiden aus der Blende b_1 austretenden Bündel auf gleiche Lichtintensität zu bringen. Es wurden dazu ein für allemal die Schwingungsrichtungen der beiden Polarisatoren P_1 und P_2 bestimmt, indem man jeweilig den einen abblendete und diejenige Stellung des Analysators A ermittelte, in der er den anderen vollständig auslöschte, was mit großer Genauigkeit ausführbar war. Es wurden dann der Analysator A in die Halbierungslinie des so auf seinem Teilkreise bestimmten Winkels gestellt und nun durch Drehen des am Photometerspalt s_2 angebrachten Nicols N die beiden Photometerfelder gleich hell gemacht. Damit war auch die Gleichheit der Intensitäten der beiden aus b_1 austretenden Bündel bewirkt.

Die Stellung des Nicols N mußte beim Übergang zu Licht anderer Wellenlänge etwas verändert werden, was dadurch zu erklären ist, daß die beiden Nicols P_1 und P_2 für Licht gleicher Wellenlänge verschieden absorbierten und ihre Absorption mit der Wellenlänge verschieden änderten; es mag dieses seine Ursache gehabt haben in der verschiedenen Beschaffenheit der beiden Glyzerinkittschichten, von denen schon gesagt wurde, daß sie sich mit der Zeit veränderten.

Für den Übergang von einer Wellenlänge zu einer anderen brauchten, von dem eben Gesagten abgesehen, dann nur die drehbare optische Bank, das Biprisma p_3 sowie die Lupe l_5, bezw. Lupe und Fluoreszenzschirm verschoben zu werden.

Fehlerquellen und Fehlerberechnung.

Der der Berechnung der Durchlässigkeitsfaktoren zu Grunde gelegte Winkel α wurde bestimmt als das Intervall zweier Einstellungen α_1 und α_2 auf dem Teilkreise des Analysators; dieser war fest und in ganze Grade geteilt. Mit Hülfe des mit dem Analysator verbundenen Nonius war die Stellung desselben von 3 zu 3 Minuten ablesbar.

Jede Einstellung des Analysators auf Gleichheit der beiden Photometerfelder war mit einem Fehler behaftet, hervorgerufen durch die Unterschiedsschwelle des beobachtenden Auges. Jede Einstellung wurde dreimal hinter einander gemacht und aus den drei zugehörigen Ablesungen das Mittel genommen. Der mittlere Fehler der Einzelbeobachtung nimmt im allgemeinen zu mit abnehmender Wellenlänge; aus einer großen Zahl von Beobachtungen bestimmt, gibt ihn die folgende Tabelle.

λ in $\mu\mu$	480	468	448	425	396	383	361	347	330
mittl. Fehler	15′	14′	13′	23′	27′	30′	30′	37′	32′

In der folgenden Fehlerrechnung soll mit einem Mittel aus diesen Beobachtungsfehlern gerechnet werden und zwar mit dem Mittel aus dem Bereich von $\lambda = 425\,\mu\mu$ bis $\lambda = 330\,\mu\mu$, da die hier liegenden Untersuchungen das größere Interesse haben. Es ist danach der mittlere Fehler der Einzelbeobachtung 30′. Das aus je dreien genommene Mittel hat den mittleren Fehler von 18′, erhalten durch Division von 30′ mit $\sqrt{3}$. Aus der Differenz zweier solcher Mittel und zwar je dreimal hinter einander wurde der Winkel α gefunden; sein mittlerer Fehler ist also $\frac{\sqrt{2 \cdot 18^2}}{\sqrt{3}} = 15'$. In die endgültige Formel

$$A^{a-b} = \cot g^2 \left(45^0 + \frac{\alpha}{2}\right)$$

geht mithin ein $\alpha/2$ mit einem mittleren Fehler von 8′. Seine Einwirkung auf A^{a-b} folgt aus

$$d\,A^{a-b} = -\frac{\cot g \left(45^0 + \frac{\alpha}{2}\right)}{\sin^2 \left(45^0 + \frac{\alpha}{2}\right)} \cdot d\frac{\alpha}{2},$$

woraus sich als mittlerer Fehler von A^{a-b} 0,002 ergibt.

Außer dieser unmittelbaren Einwirkung des Einstellungsfehlers auf das Resultat ist noch eine zweite vorhanden. Sie macht die der Berechnungsformel zugrunde liegende Voraussetzung hinfällig, daß die Intensitäten J_1 und J_2 der beiden aus P_1 und P_2 austretenden Lichtbündel gleich sind.

Die Schwingungsrichtungen von P_1 und P_2 wurden mittels des Analysators bestimmt bei der Wellenlänge $\lambda = 480\,\mu\mu$ und daraus die Nullstellung des Analysators gefunden mit einem mittleren Fehler von 10′. Mittels des Nicols N wurde dann bei dieser Stellung von A auf Gleichheit der beiden Photometerfelder eingestellt; da dieses für jede andere Wellenlänge neu geschehen mußte, ist diese Einstellung mit dem vorher berechneten mittleren Fehler von 30′ behaftet, d. h. insgesamt mit dem mittleren Fehler von $\sqrt{10^2 + 30^2} = 32'$, der in folgender Weise in die Rechnung eingeht (Fig. 6). Sind $O\,P_1 \perp O\,P_2$ die Schwingungsrichtungen von P_1 und P_2, ON diejenige von N, ist J' die aus N austretende Intensität, J_1 und J_2 die aus P_1 und P_2 austretende, und wird der Winkel P_1ON mit γ bezeichnet, so ist

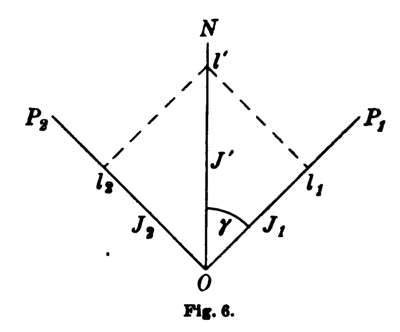


Fig. 6.

$$\frac{J_1}{J_2} = \cot g^2 \gamma$$

und γ der Winkel, der bei absolut richtiger Einstellung $J_1 = J_2$ gleich 45° sein würde, der aber um 32′ fehlerhaft ist, wodurch folgender mittlerer Fehler von J_1/J_2 bewirkt wird:

$$d\frac{J_1}{J_2} = -\frac{2 \cot g\,\gamma}{\sin^2 \gamma} \cdot d\,\gamma_{(\gamma = 45^0)} = -4 \cdot d\gamma = -0{,}037.$$

Sind J_1 und J_2 verschieden, so tritt an die Stelle der früheren Formel

$$J_1 \cdot A^a \cdot \cos^2 \beta = J_2\,A^b \cdot \sin^2 \beta,$$

woraus folgt

$$\beta = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{J_1}{J_2} \cdot A^{a-b}}$$

$$\frac{d\beta}{d\frac{J_1}{J_2}} = \frac{1}{1 + \frac{J_1}{J_2} \cdot A^{a-b}} \cdot \frac{A^{a-b}}{2 \cdot \sqrt{\frac{J_1}{J_2} \cdot A^{a-b}}},$$

wofür sich als Mittelwert ergibt

$$\frac{d\beta}{d\frac{J_1}{J_2}} = 0{,}223.$$

Dieses ermöglicht die Bestimmung des diesbezüglichen mittleren Fehlers von A^{a-b}, denn es ist

$$A^{a-b} = \operatorname{tg}^2\beta \cdot \frac{1}{\frac{J_1}{J_2}}$$

$$\frac{dA^{a-b}}{d\frac{J_1}{J_2}} = -\operatorname{tg}^2\beta \cdot \frac{1}{\left(\frac{J_1}{J_2}\right)^2} + \frac{1}{\frac{J_1}{J_2}} \cdot 2\operatorname{tg}\beta \cdot \frac{1}{\cos^2\beta} \cdot \frac{d\beta}{d\frac{J_1}{J_2}},$$

woraus sich im Mittel ergibt

$$\frac{dA^{a-b}}{d\frac{J_1}{J_2}} = 1{,}41 \cdot \frac{d\beta}{d\frac{J_1}{J_2}} = 1{,}41 \cdot 0{,}223 = 0{,}314,$$

also

$$dA^{a-b} = 0{,}314 \cdot d\frac{J_1}{J_2} = -0{,}012.$$

Aus der falschen Einstellung des Nicols N erwächst mithin für A^{a-b} ein mittlerer Fehler von 0,012.

Die zweite nicht vollständig erfüllte Voraussetzung, die bei Aufstellung der Formel gemacht wurde, ist die, daß die Polarisationsebenen der beiden Nicols P_1 und P_2 senkrecht zueinander waren. Der mit 7′ mittlerem Fehler bestimmte Winkel war um 20′ von 90° verschieden. Ist der Winkel zwischen den beiden Schwingungsrichtungen nicht 90°, sondern $(90° - \delta)$, so wird

$$J \cdot A^a \cdot \cos^2\beta = J \cdot A^b \cdot \cos^2(90° - \beta - \delta)$$

$$A^{a-b} = \frac{\cos^2(90° - \beta - \delta)}{\cos^2\beta}$$

und für $\delta = 0$

$$dA^{a-b} = 2 \cdot \operatorname{tg}\beta \cdot d\delta.$$

Im Mittel folgt hieraus für $d\delta = 20'$

$$dA^{a-b} = 0{,}007.$$

Der mittlere Fehler von A^{a-b} setzt sich somit aus dreien zusammen:

0,002, 0,012, 0,007;

er beträgt mithin $\sqrt{0{,}002^2 + 0{,}012^2 + 0{,}007^2} = 0{,}014$.

Berechnet man aus diesem A^{a-b} den Durchlässigkeitsfaktor für die Dickeneinheit, so wird, wenn diese kleiner ist als $(a-b)$, der mittlere Fehler verringert, wenn sie größer ist, vergrößert. Es wurden deshalb die Durchlässigkeitsfaktoren für das einzelne Glas und die einzelne Wellenlänge stets bestimmt mittels der größten zur Verfügung stehenden und noch anwendbaren Glasdicke. Die Gläser lagen vor je in fünf verschiedenen Dicken von

100, 40, 10, 3, 1 *mm*;

benutzt wurden die Kombinationen $(a—b)$:

$(100 - 10), (40 - 10), (10 - 1), (3 - 1)$ *mm*.

Für jedes Glas und jede Wellenlänge sind, soweit von Interesse, die Durchlässigkeitsfaktoren A^{100} für 100 *mm*, A^{10} für 10 *mm*, A^{1} für 1 *mm* berechnet. Ihre mittleren Fehler ΔA^{100}, ΔA^{10}, ΔA^{1}, verschieden nach der Glasdicke $(a - b)$, aus deren Absorption sie bestimmt wurden, sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

$a—b$ mm	ΔA^{100}	ΔA^{10}	ΔA^{1}
90	0,014	0,004	—
30	0,019	0,009	0,001
9	—	0,014	0,004
2	—	0,017	0,011

Da nun diese Fehler das Resultat ebenso gut zu klein wie zu groß machen können, so ergibt sich aus dieser Zusammenstellung, daß allein bei den A^{10}, die aus der Absorption von 90 *mm* Glas, und bei den A^{1}, die aus der von 30 bezw. 9 *mm* Glas gefunden wurden, die zweite Dezimale noch zuverlässig ist; es sind deshalb auch nur die so bestimmten A^{10} und A^{1} in den Tabellen bis auf drei Dezimalen angegeben.

Diffuses Licht.

In jeder, besonders aber in einer mehrprismigen Spektralanordnung, bei der nicht besondere Vorkehrungen dagegen getroffen sind, findet sich neben dem regelmäßig spektral zerlegten Licht auch diffuses Licht, das, durch unregelmäßige Brechungen und Reflexionen von dem anderen getrennt, das Spektrum überlagert. Solange es sich, wie z. B. bei Dispersionsmessungen, um reine Ortsbestimmungen im Spektrum handelt, wird sich ein störender Einfluß des diffusen Lichtes kaum bemerkbar machen. Es ist dieses jedoch in sehr erheblichem Maße der Fall bei monochromatischen Absorptionsmessungen. Falls die Intensität des monochromatischen Lichtes groß ist gegenüber der des ihm beigemengten diffusen, wird, solange die Absorption für ersteres nicht eine gewisse Größe erreicht, der Einfluß des diffusen Lichtes verschwinden. Sobald aber infolge stärkerer Absorption die Intensität des von dem Absorbens noch durchgelassenen monochromatischen Lichtes einen die Unterscheidungsgrenzen des Photometers übersteigenden Zuwachs durch das noch durchgelassene diffuse Licht erhält, das im allgemeinen Lichtstrahlen anderer Brechbarkeit und darunter auch solche enthält, die eine geringere Absorption erfahren wie das betreffende monochromatische Licht, so werden von einer bestimmten Grenze an die beobachteten Durchlässigkeitsfaktoren zu groß werden. Wenn man daher über diese Grenze hinausgehen will, so muß das diffuse Licht aus dem Photometer entfernt werden.

Es bieten sich dazu, da in den wenigsten Fällen eine monochromatische Primärlichtquelle anwendbar ist, zwei Wege, die Methode der doppelten Spektralzerlegung und die Anwendung von Lichtfiltern. Das erstere hätte den benutzten Apparat zu ausgedehnt und lichtschwach gemacht; es wurde deshalb das zweite Verfahren eingeschlagen.

Die Verhältnisse lagen in dem Apparate besonders ungünstig, da neben den beiden Prismen in noch viel stärkerem Maße die beiden Objektive diffuses Licht erzeugten, indem der Flußspat viele fremde Einschlüsse anderer Brechbarkeit enthielt. So blieb auch nach Schwärzung sämtlicher Flächen, an denen unregelmäßige

Brechungen und Reflexionen stattfinden konnten, diffuses Licht von verhältnismäßig großer Intensität übrig, das, da die sämtlichen verwendeten Metallspektren sehr intensive Linien im Gelb, Grün und Blau besitzen, zu seinem wesentlichen Teil aus von hier entstammendem Lichte bestehen mußte.

Als Lichtfilter wurden verwendet zwei violett gefärbte Glasschmelzen des Jenaer Glaswerks V. S. 3197 und V. S. 3198, die sehr weit ultraviolett durchlässig waren; V. S. 3197 zeigte in 5 *mm* Dicke erst bei etwa $\lambda = 300\ \mu\mu$ eine stärkere Absorption. Im übrigen absorbierten 4 *mm* V. S. 3198 vollständig alles Licht zwischen $\lambda = 710\ \mu\mu$ und $\lambda = 480\ \mu\mu$; 5 *mm* V. S. 3197 zeigten in demselben Gebiet, von einer sehr schwachen grünen Bande bei $\lambda = 560\ \mu\mu$ abgesehen, eine nahezu vollständige Absorption.

Diese Lichtfilter wurden angebracht am Photometerspalt s_2, und zwar so, daß sie denselben vollständig bedeckten. Ihre Wirksamkeit erhellt aus folgendem. Ein und dasselbe Glas wurde untersucht bei der Wellenlänge $\lambda = 361\ \mu\mu$ in der wirksamen Dicke von 30 *mm* unter Vorschaltung verschiedener Lichtfilter in verschiedener Dicke. Es ergaben sich dabei folgende Durchlässigkeitsfaktoren für 10 *mm* Glasdicke.

	A^{10}
ohne Lichtfilter	0,75
mit 2 *mm* V. S. 3198 . . .	0,67
„ 4 „ V. S. 3198 . . .	0,66
„ 6 „ V. S. 3198 . . .	0,66
„ 5 „ V. S. 3197 . . .	0,66
„ 10 „ V. S. 3197 . . .	0,65

Es folgt hieraus, daß in der Tat der die Beobachtung beeinflussende Teil des diffusen Lichtes aus dem sichtbaren Teil des Spektrums oberhalb $\lambda = 480\ \mu\mu$ stammte und somit durch die vier letzten Lichtfilter vollständig beseitigt wurde. Sonst hätte bei Vorschaltung von 4 *mm* V. S. 3198 ein niedrigerer Wert von A^{10} erhalten werden müssen, als bei der von 5 *mm* V. S. 3197, da eine qualitative photometrische Vergleichung beider ergeben hatte, daß im Violett und Ultraviolett 4 *mm* V. S. 3198 weniger durchlässig waren, als 5 *mm* V. S. 3197. Es wurde deshalb bei allen Untersuchungen eine 5 *mm* dicke Platte von V. S. 3197 als Lichtfilter am Photometerspalt benutzt.

Eine Anschauung von dem bedeutenden und mit der Absorption rasch zunehmenden Einfluß des diffusen Lichtes gibt die folgende Tabelle, in der die Durchlässigkeitsfaktoren A^{10} einiger Gläser bei $\lambda = 361\ \mu\mu$ und deren Differenzen D gegen die ohne Anwendung des Lichtfilters erhaltenen Durchlässigkeitsfaktoren enthalten sind.

A^{10}	0,98	0,94	0,66	0,61	0,45	0,42	0,16
D	0,00	0,01	0,09	0,16	0,27	0,35	0,69

Ein weiterer Beweis für die vollständige Beseitigung des diffusen Lichtes innerhalb der Unterscheidungsgrenzen des Apparates ergibt sich aus folgendem. Bei $\lambda = 330\ \mu\mu$ wurden für drei Gläser aus der Beobachtung der Absorption einer Glasdicke von 30 bezw. 9 *mm* die Durchlässigkeitsfaktoren für die Dicke von 100 *mm* berechnet zu $A^{100} = 0{,}02$; 0,07; 0,01. Es wurden dann wirklich je die 100 *mm* langen Glasstücke in das Photometer gebracht, und es ergab sich bei allen dreien, daß sie das Photometerfeld vollständig verdunkelten. Es hätte dieses nicht eintreten können, wenn wesentliche Mengen diffusen Lichtes geringerer Brechbarkeit vorhanden ge-

wesen wären, da für $\lambda = 346\ \mu\mu$ die entsprechenden Durchlässigkeitsfaktoren bereits $A^{100} = 0{,}29$; $0{,}19$; $0{,}29$ sind.

Eine weitere Quelle, wenn auch andersartigen diffusen Lichtes, war die bei etwa $\lambda = 340\ \mu\mu$ beginnende Eigenfluoreszenz einiger Glasarten. Das Fluoreszenzlicht war jedoch so schwach, daß es keinen Einfluß auf das Beobachtungsresultat hatte, was in jedem Einzelfalle dadurch festgestellt wurde, daß mittels des Analysators das Gesichtsfeld noch vollständig verdunkelt werden konnte, wenn die Polarisatoren P_1 und P_2 entfernt waren. Da das Glasfluoreszenzlicht naturgemäß depolarisiert war, so hätte dieses nicht stattfinden können, falls dasselbe irgend eine erkennbare Intensität im Gesichtsfelde gehabt hätte.

Untersuchungsmaterial.

Die sämtlichen untersuchten zehn Gläser stammten, wie schon eingangs erwähnt, aus dem Glaswerk von Schott & Gen. in Jena; sie vertreten die Typen, die am häufigsten in der Optik wissenschaftlicher Instrumente Verwendung finden, denen also zunächst das praktische Interesse zukommt.

Die folgende Tabelle enthält die dem Produktionsverzeichnis des Jenaer Glaswerks entnommenen Charakteristiken der Gläser: die Schmelznummer, den Typus, die Benennung, den Brechungsindex n_D für die D-Linie, die durch Abbe eingeführte reziproke relative Dispersion $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$, sowie das spezifische Gewicht. Die optischen Konstanten sowie das spezifische Gewicht haben für die betreffende Schmelze Gültigkeit naturgemäß nur innerhalb der Abweichungen, die dieselbe trotz der Gleichmäßigkeit der Herstellung stets gegen den Typus zeigt. In der letzten Spalte ist als äußeres Charakteristikum der Schmelze angegeben die Färbung, die dieselbe bei 100 *mm* Dicke in der Durchsicht erkennen läßt. Die Gläser sind aufgeführt in der Reihenfolge des Glaskatalogs, d. h. nach fallenden Werten von ν.

Nr.	Typus	Benennung	n_D	ν	spez. Gew.	Färbung
3094	O. 144	Borosilikat-Kron . . .	1,5100	64,0	2,47	farblos
2900	O. 2388	Fernrohr-Kron	1,5254	61,7	2,85	grau-grünlich
2990	O. 60	Kalk-Silikat-Kron . .	1,5179	60,2	2,49	farblos
3046	O. 1209	Schwerstes Baryt-Kron .	1,6112	57,2	3,55	gelb-bräunlich
1800	O. 722	Baryt-Leichtflint . . .	1,5797	53,8	3,26	„ „
2572	O. 846	„ „ . . .	1,5525	53,0	3,01	farblos
3111	O. 1266	„ „ . . .	1,6042	43,8	3,50	grün-gelblich
3013	O. 748	Baryt-Flint	1,6235	39,1	3,67	„ „
2563	O. 919	Gewöhnl. Silikat-Flint .	1,6315	35,7	3,73	„ „
2625	O. 192	Schweres Silikat-Flint .	1,6734	32,0	4,10	gelblich

In der optischen Schleiferei der Firma C. Zeiss waren aus jeder Schmelze fünf parallelepipedische Stücke von 100, 40, 10, 3 und 1 *mm* Länge sowie 15 *mm* Querschnitt geschnitten; sie waren an den beiden Endquerschnitten poliert und an den Seitenflächen matt geschliffen.

Alle Glasstücke waren nahezu blasenfrei, bis auf das Fernrohr-Kron 2900, von dem auch im Glaskatalog angegeben ist, daß es nicht ganz frei von Blasen lieferbar ist. Dennoch war ein störender Einfluß dieser Inhomogenität, der sich in erster Linie durch die Erzeugung diffusen Lichtes bei der Durchstrahlung hätte bemerkbar machen müssen, nicht festzustellen.

Resultate.

Die auf Grund der vorstehenden Methode bestimmten Durchlässigkeitsfaktoren sind in den drei umstehenden Tabellen wiedergegeben; der Inhalt derselben ist in Fig. 7 graphisch dargestellt, indem für jedes Glas die Wellenlängen als Abszissen und die ihnen entsprechenden Durchlässigkeitsfaktoren als Ordinaten aufgetragen sind. Jeweilig die der Abszissenachse nächst liegende Kurve stellt demgemäß den Verlauf der Durchlässigkeit bei 100 *mm* Glasdicke dar, die mittlere den bei 10 *mm*

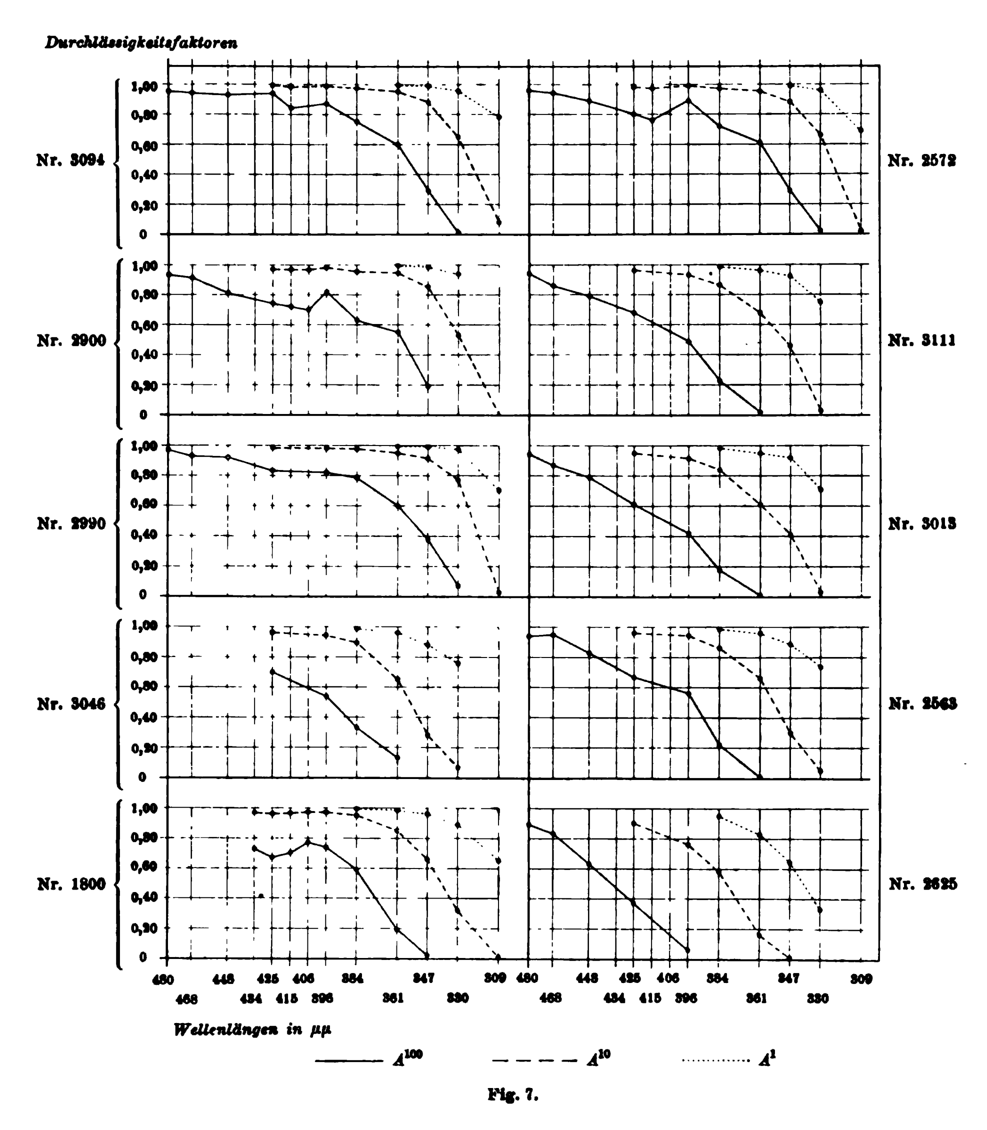


Fig. 7.

und die dritte den bei 1 *mm*. Die durch Beobachtung ermittelten Kurvenpunkte wurden durch Gerade verbunden, da durch krummlinige Verbindung die so wie so in dem Linienzuge liegende Willkür noch erhöht worden wäre. Die Kurven wurden ausgezogen für A^{100} und A^{10} bis zu dem Beobachtungsintervall, wo die Beobachtung den kleinsten noch angebbaren Wert ergab, zwischen diesem und dem nächsten Intervall, wo die Beobachtung die Durchlässigkeit 0 ergab, würden sich demgemäß die Kurven asymptotisch der Abszissenachse nähern.

Durchlässigkeitsfaktoren A^{100} für 100 *mm* Glasdicke.

λ in μμ	3094	2900	2990	3046	1800	2572	3111	3013	2563	2625
480	0,95	0,93	0,97	—	—	0,96	0,94	0,94	0,94	0,89
468	0,94	0,91	0,93	—	—	0,94	0,86	0,87	0,95	0,83
448	0,93	0,81	0,92	—	—	0,89	0,79	0,79	0,83	0,63
434	—	—	—	—	0,73	—	—	—	—	—
425	0,94	0,74	0,83	0,70	0,67	0,80	0,68	0,61	0,67	0,37
415	0,84	0,72	—	—	0,70	0,76	—	—	—	—
406	—	0,70	—	—	0,77	—	—	—	—	—
396	0,87	0,82	0,82	0,54	0,74	0,88	0,49	0,42	0,56	0,06
384	0,75	0,63	0,78	0,33	0,59	0,72	0,23	0,18	0,22	0
361	0,60	0,55	0,60	0,13	0,19	0,61	0,02	0,01	0,01	—
347	0,29	0,19	0,38	0	0,02	0,29	0	0	0	—
330	0,01	0	0,07	—	0	0,02	—	—	—	—
309	0	—	0	—	—	0	—	—	—	—

Durchlässigkeitsfaktoren A^{10} für 10 *mm* Glasdicke.

λ in μμ	3094	2900	2990	3046	1800	2572	3111	3013	2563	2625
434	—	—	—	—	0,969	—	—	—	—	—
425	0,993	0,970	0,982	0,965	0,961	0,978	0,963	0,952	0,961	0,905
415	0,982	0,968	—	—	0,965	0,973	—	—	—	—
406	—	0,964	—	—	0,974	—	—	—	—	—
396	0,986	0,980	0,981	0,941	0,971	0,987	0,931	0,917	0,944	0,76
384	0,972	0,955	0,975	0,894	0,948	0,968	0,865	0,84	0,86	0,58
361	0,950	0,942	0,949	0,65	0,849	0,952	0,68	0,61	0,66	0,16
347	0,88	0,85	0,91	0,28	0,66	0,88	0,46	0,41	0,30	0,01
330	0,65	0,53	0,77	0,07	0,32	0,66	0,06	0,03	0,05	0
309	0,08	0	0,03	0	0,01	0,02	0	0	0	—

Durchlässigkeitsfaktoren A^{1} für 1 *mm* Glasdicke.

λ in μμ	3094	2900	2990	3046	1800	2572	3111	3013	2563	2625
384	—	—	—	0,989	0,995	—	0,986	0,983	0,985	0,947
361	0,995	0,994	0,995	0,958	0,984	—	0,962	0,952	0,959	0,83
347	0,988	0,983	0,991	0,88	0,959	0,988	0,925	0,92	0,89	0,64
330	0,957	0,938	0,974	0,76	0,89	0,959	0,75	0,71	0,74	0,33
309	0,78	—	0,70	—	0,65	0,69	—	—	—	—

Die Durchlässigkeitsfaktoren für 1 *mm* konnten nicht bis zu den Grenzen der Durchlässigkeit verfolgt werden, da der benutzte Lichtfilter infolge seiner Eigenabsorption von $\lambda = 300\,\mu\mu$ ab so wenig Licht in das Photometer gelangen ließ, daß eine exakte Bestimmung der Durchlässigkeitsfaktoren unterhalb dieser Grenze nicht mehr möglich war. Da es sich praktisch wohl meist um den Grad der Durchlässigkeit optischer Systeme handeln wird, so wird die größere Bedeutung den hier vollständig bestimmten Durchlässigkeitsfaktoren für 10 *mm* zukommen.

Was nun das in den Tabellen ausgedrückte Resultat im ganzen genommen angeht, so ist daraus zu ersehen, daß die optischen Gläser im allgemeinen für die brechbareren Strahlen nicht so undurchlässig sind, wie man bisher vielfach angenommen hat, eine Ansicht, die wohl hervorgerufen ist durch die Ergebnisse der Untersuchungen von H. C. Vogel und Müller, sowie von Krüss (s. oben *S. 198*), die zufälligerweise sich auf Gläser von ungewöhnlich starker Absorption erstreckten.

Hervorstechende Unterschiede zwischen Kron- und Flintgläsern lassen sich nicht erkennen. Alle zeigen den für die Gläser charakteristischen Verlauf der Absorption, die im sichtbaren Bereich sehr langsam zunimmt, um dann gegen die Grenze der Durchlässigkeit sehr rasch groß zu werden. Allerdings setzt bei den hier untersuchten Flintgläsern dieser Abfall früher ein wie bei den Krongläsern mit Ausnahme des Baryt-Leichtflint O. 846 (2572), das sehr weit durchlässig ist und in seinem Absorptionsverlauf fast ganz mit dem Borosilikat-Kron O. 144 (3094) übereinstimmt. Allein bei dem vorliegenden verhältnismäßig geringen Beobachtungsmaterial wäre es wohl verfrüht, einen hierin liegenden charakteristischen Unterschied zwischen Flint- und Krongläsern als erwiesen anzusehen.

Wie Vogel (s. oben *S. 198*) es für je ein Flint- und ein Kronglas fand, so zeigen unter den hier untersuchten Gläsern zwei Kron- und zwei Flintgläser Absorptionsbanden und zwar je eine in dem Bereich von $\lambda = 425\,\mu\mu$ bis $\lambda = 406\,\mu\mu$, während im übrigen die Absorption mit abnehmender Wellenlänge kontinuierlich zunimmt. Der in ihnen liegende Rückgang der Intensität des durchgehenden Lichtes ist sehr gering und für 100 *mm* Glasdicke mit den Vogelschen Zahlen verglichen von derselben Größenordnung. Nur für die vier Gläser, die diese Absorptionsbande zeigten, wurden die in Betracht kommenden Durchlässigkeitsfaktoren bei $\lambda = 434\,\mu\mu$, $415\,\mu\mu$, $406\,\mu\mu$ exakt bestimmt.

Es wurde versucht, außerdem auf photographischem Wege mittels eines Quarzspektrographen ein Bild dieser Absorptionsbanden zu erhalten. Eine als Lichtquelle benutzte Nernst-Lampe, von der die Glasbirne entfernt war und die bis $\lambda = 300\,\mu\mu$ eine kontinuierliche helle Bande lieferte, wurde durch die 100 *mm* dicken Glasstücke, die vor dem Spalt des Spektrographen angebracht waren, hindurch photographiert. Die Wirkung der Absorptionsbanden bei dieser Glasdicke war jedoch so gering, daß niemals auf den Photogrammen Unterbrechungen in der mit abnehmender Wellenlänge zunehmenden Absorption festgestellt werden konnten, trotzdem die Belichtungsdauer in weiten Grenzen variiert wurde, um die günstigsten Verhältnisse zu erzielen.

Des weiteren einen Anschluß der vorliegenden Resultate an die Vogelschen zu finden ist schwer, da bei diesen der letzte Verlauf der Absorption, der wohl in erster Linie charakteristisch für eine Glasart ist, nur für das Schwere Silikat-Flint O. 102 bestimmt ist. Der Absorptionsverlauf dieses Glases zeigt nun mit dem des hier untersuchten Schweren Silikat-Flint O. 192 (2625) eine solche Ähnlichkeit, wie sie nach dem ähnlichen Charakter dieser Typen zu erwarten wäre.

Wie aus den Kurven für A^{10} mit großer Anschaulichkeit hervorgeht, zeigen die sechs Flintgläser in der Reihenfolge: 2572, 1800, 3111, 3013, 2563, 2625 eine gleichmäßige Abstufung von großer zu geringer Durchlässigkeit, der jedenfalls eine analoge Abstufung in der chemischen Zusammensetzung entsprechen wird. Leider waren dieser Arbeit irgend welche Daten über die chemische Zusammensetzung der untersuchten Gläser nicht zugänglich; es muß deshalb von allen diesbezüglichen Kombinationen abgesehen werden.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Hrn. Geh. Hofrat Prof. Dr. Winkelmann und Hrn. Prof. Dr. Straubel herzlichst zu danken für das fördernde Interesse und die mannigfaltigen Unterstützungen, die sie der Arbeit[1]) zu teil werden ließen, sowie der Firma Carl Zeiss für die Bereitwilligkeit, mit der der so kostbare Apparat für die vorliegenden Untersuchungen angefertigt und zur Verfügung gestellt wurde.

[1]) Dissertation, Jena 1903.

Meßeinrichtung zur Bestimmung der Induktionskonstanten und des Energieverlustes von Wechselstromapparaten.

Von
Dr. F. Dolezalek in Berlin.

Die zunehmende Verwendung von Wechselströmen höherer Frequenz zur Kraftübertragung, zu telegraphischen Zwecken u. dgl. hat das Bedürfnis nach einem handlichen Meßapparat erzeugt, welcher die für den Verlauf von Wechselströmen maßgebenden Konstanten, d. h. die Konstanten der Selbstinduktion, gegenseitigen Induktion, Kapazität, sowie den Energieverlust durch Wirbelströme und Hysteresis möglichst genau zu messen erlaubt.

Da diese Größen im allgemeinen von der Periodenzahl des Wechselstromes abhängig sind, so müssen die Messungen, um richtige Resultate zu geben, mit dem betreffenden Wechselstrom selbst ausgeführt werden. Die meist immer noch gebräuchlichen Methoden mittels des ballistischen Galvanometers geben nur in seltenen Fällen die für den Verlauf von Wechselströmen maßgebenden Größen; die letzteren weichen oft um 100 Prozent und mehr davon ab.

Diese Lücke auszufüllen ist der Zweck der nachstehenden Apparate, welche jetzt neben den bisher üblichen von der Siemens & Halske A.-G. in Berlin hergestellt werden. Die theoretische Grundlage der neuen Apparate bilden die klassischen Untersuchungen über die Wheatstonesche Brücke mit Wechselströmen von Maxwell, F. Kohlrausch, Oberbeck, Rayleigh, sowie besonders die zahlreichen wertvollen Arbeiten von M. Wien[1]).

Das Prinzip der Messungsmethode ist folgendes. Durch einen Wechselstromapparat fließe ein Wechselstrom von der Periodenzahl n. Die effektive Klemmenspannung an dem Apparat betrage K. Besitzt die Spule keine Selbstinduktion oder Kapazität, so gilt für die effektive Stromstärke J das Ohmsche Gesetz

$$J = \frac{K}{R} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1)$$

wenn R den Widerstand der Spule bedeutet. Besitzt die Spule außer Widerstand auch Selbstinduktion L, so addiert sich zu dem Ohmschen Widerstand der induktive Widerstand der Selbstinduktion, und für die effektive Stromstärke gilt dann die Gleichung

$$J = \frac{K}{\sqrt{R^2 + (2\pi n L)^2}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 2)$$

Der Energieverlust durch Stromwärme ist jedoch in beiden Fällen der gleiche und beträgt in der Zeit t

$$J^2 R t \text{ Watt-Sek.}$$

Dieses gilt jedoch nur, solange sich in der Spule kein Eisenkern befindet und dieselbe nicht auf Metallmassen oder eine andere Spule induzierend einwirkt. Enthält die Spule Eisen oder gibt sie durch Induktion nach außen Energie ab, so bewirkt der induzierte Strom (Wirbelstrom) eine Verschiebung der Phase des Magnetfeldes gegen den Erregerstrom und verkleinert dadurch die Selbstinduktion L auf einen geringeren Betrag L'.

Außerdem entsteht in der sekundären Strombahn ein gewisser Betrag an Stromwärme, welche natürlich auch von dem primären Strom geliefert werden muß, sodaß

[1]) Ganz besonders sei auf die beiden grundlegenden Arbeiten von M. Wien: „Messung der Induktionskonstanten“, *Wied. Ann.* **44.** *S. 689. 1891* und „Magnetisierung durch Wechselstrom“, *Wied. Ann.* **66.** *S. 870. 1898* verwiesen.

der Energie verzehrende Widerstand R der Spule vergrößert erscheint. Aus Widerstand und Selbstinduktion der sekundären Strombahn, ihrem Induktionskoeffizienten gegen den primären Kreis und aus der Periodenzahl des Wechselstromes läßt sich die Rückwirkung auf den primären Stromkreis berechnen. Maxwell, der diese Berechnung zuerst ausführte, fand, daß sich auch in diesem Fall die Stromgleichung in der Form darstellen läßt

$$J = \frac{K}{\sqrt{R'^2 + (2\pi n L')^2}} \qquad \text{3)}$$

worin L' die durch den Induktionsstrom (Wirbelstrom) modifizierte (verkleinerte) Selbstinduktion und R' den modifizierten (vergrößerten) Widerstand der Spule darstellt. Während in der wirbelstromfreien Spule der Energieverlust

$$J^2 R t \text{ Watt-Sek.} \qquad \text{4)}$$

betrug, ist er in der Spule mit sekundären Strömen auf den Betrag $J^2 R' t$ gestiegen; der durch den Wirbelstrom verursachte Energieverlust beträgt daher

$$J^2 (R' - R) t \text{ Watt-Sek.} \qquad \text{5)}$$

Ebenso wie ein Wirbelstrom bewirken auch die übrigen Verlustquellen in Wechselstromapparaten, wie Hysteresis magnetischer oder dielektrischer Materialien oder das bei stärkeren Leitern stattfindende Auseinanderdrängen der Stromlinien, eine Erhöhung des effektiven Widerstandes, sodaß der gesamte durch Wirbelstrom, Hysteresis u. s. w. bewirkte Energieverlust des Wechselstromes durch den Unterschied zwischen dem Wechselstromwiderstand R' und dem Gleichstromwiderstand R gemessen werden kann. Natürlich ist dieser Verlustwiderstand $R' - R$ eine Funktion der Periodenzahl, und zwar steigt er mit letzterer rasch an. Falls ein merklicher Betrag an Hysteresisverlusten vorhanden ist, so ist $R' - R$ auch eine Funktion der Stärke des Meßstromes.

Die Bestimmung von L', R' und $R' - R$ in der Wechselstrombrücke gestaltet sich folgendermaßen. In Fig. 1 bedeute AB einen Meßdraht mit Schleifkontakt aus Manganin, wie er auch zu Gleichstrommessungen verwandt wird. In dem Brückenzweig AC befinde sich der Apparat, dessen Selbstinduktion L'_x und dessen Verlustwiderstand $R'_x - R_x$ zu bestimmen sei. Außerdem befindet sich in diesem Zweig ein gewöhnlicher induktionsfreier Widerstandskasten w. Der Brückenzweig BC enthalte eine von den genannten Verlusten freie Spule mit bekannter Selbstinduktion L und dem Widerstande R. In die Verzweigungspunkte A und B werde ein sinusförmiger Wechselstrom von bekannter Periode gesandt; als Nullinstrument diene ein gewöhnliches Telephon. Der Brückenstrom verschwindet, und das Telephon schweigt, wenn sowohl die Widerstände wie die Selbstinduktion der beiden Brückenzweige sich verhalten wie die Abschnitte a und b des Meßdrahtes. Diese Einstellung geschieht in bekannter Weise dadurch, daß man durch abwechselndes Verstellen des Schleifkontaktes und Stöpseln im Widerstandskasten das Minimum scharf macht. Enthält der zu messende Apparat keine Energieverluste außer den durch den Widerstand der Wickelung bedingten, so gelten bei der Nullstellung der Brücke die Gleichungen

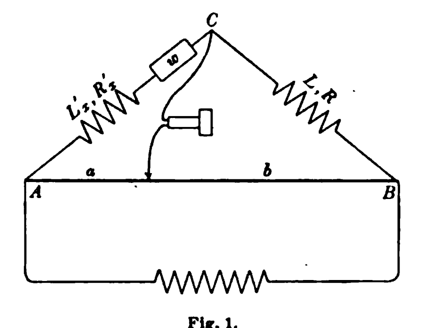


Fig. 1.

$$\frac{R_x + w}{R} = \frac{a}{b} \qquad \frac{L_x}{L} = \frac{a}{b}.$$

Die erste Gleichung ist identisch mit der Nullbedingung für die Gleichstrombrücke. Sind in dem Wechselstromapparat Wirbelstrom oder Hysteresisverluste vorhanden, so gelten bei Nullstellung der Brücke die Beziehungen

$$\frac{R'_x + w}{R} = \frac{a}{b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 6)$$

$$\frac{L'_x}{L} = \frac{a}{b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 7)$$

Das Widerstandsverhältnis

$$(R'_x + w)/R$$

ist jetzt nicht mehr identisch mit der Gleichstrombedingung. Schickt man daher nach der Wechselstromeinstellung des Minimums einen Gleichstrom in die Brücke und ersetzt das Telephon durch ein Galvanoskop, so zeigt das letztere einen Strom in der Brücke an. Durch Ziehen im Widerstandskasten w kann man den Gleichstrom auch zum Verschwinden bringen. Dieser zuletzt gezogene Widerstand ist der Wechselstromverlustwiderstand $R' - R$. Er gibt mit dem Quadrat der Stromstärke multipliziert die pro Sekunde in dem Apparat durch Hysteresis, Wirbelstrom, Ausstrahlung u. s. w. verloren gehende Stromenergie in Watt. Es ist zu beachten, daß bei diesem Verfahren die Bestimmung der Differenz $R' - R$ durch direkte Substitution geschieht und folglich Kaliberfehler des Meßdrahtes u. dgl. ohne Einfluß sind. Es lassen sich daher noch sehr kleine Verlustwerte nach diesem Verfahren mit ausreichender Genauigkeit bestimmen.

Die Werte der wirksamen Selbstinduktion und des wirksamen Widerstandes ergeben sich ohne weiteres aus Gleichung 6) und 7).

Zur Ausführung dieser Messungen dienen die nachstehenden Apparate.

1. Der Wechselstromerzeuger.

Infolge des Umstandes, daß Selbstinduktion sowohl wie Widerstand bei Apparaten mit merklichen Verlusten stark von der Periodenzahl des Wechselstromes beeinflußt werden, erhält man bei solchen Apparaten nur dann ein brauchbares Telephonminimum, wenn die Brücke mit einem nahezu reinen Sinusstrom gespeist wird.

Bei größeren Verlusten ist dies unbedingt erforderlich, wenn man mit dem Hörtelephon als Nullinstrument auskommen will und nicht abgestimmte Apparate wie das Wiensche optische Telephon oder das Rubenssche Vibrationsgalvanometer anwenden will. Bei Verwendung eines leidlich reinen Wechselstromes reicht das Hörtelephon zu den vorliegenden Messungen vollständig aus. Die zu den Arbeiten mit der Wechselstrombrücke gewöhnlich gebrauchten Stromerzeuger (wie Neefscher Hammer, Saitenunterbrecher, Wehnelt-Unterbrecher u. dgl.) geben durch die plötzliche Unterbrechung des Stromkreises notwendig einen sehr unreinen Wechselstrom, wenn auch die Periodenzahl des Grundtons gut konstant erhalten wird. Will man mit Hülfe eines Induktoriums einen annähernd reinen Sinusstrom erzeugen, so muß man an Stelle der vollständigen Stromunterbrechung Widerstandsschwankungen des primären Kreises setzen, die annähernd der Schwingungsamplitude der Saite, Membran u. dgl. proportional sind. Dies ist möglich, wenn man an Stelle des Unterbrechungskontaktes einen Mikrophonkontakt setzt. Ein derartiger Apparat ist nun schon seit langem als telephonischer Anrufapparat unter dem Namen Mikrophonsummer bei der Siemens & Halske A.-G. in Gebrauch.

In Fig. 2 ist ein derartiger Summer im Schnitt schematisch dargestellt. Im Zentrum einer kreisförmigen Telephonmembran M ist ein Beutelmikrophon befestigt.

Dasselbe wird umschlossen von einer magnetisierten Stahlröhre R, welche in geringem regulierbaren Abstand der Telephonmembran gegenüber steht. Über das Stahlrohr ist eine Drahtspule geschoben, deren Wickelung mit der Sekundärspule S eines kleinen Induktoriums und der Gebrauchsleitung in Serie geschaltet ist. Die primäre Wickelung P des Induktoriums ist mit dem Mikrophon und zwei Akkumulatoren A zu einem Stromkreis verbunden. Schwingt die Membran auf das Stahlrohr zu, so vermindert sich der Widerstand des Mikrophonkontaktes, der ansteigende Strom induziert in der Sekundärwickelung einen Induktionsstrom, welcher den Magnetismus des Stahlrohres verstärkt und hierdurch die Bewegung der Membran beschleunigt. Bei Rückwärtsbewegung der Membran findet der umgekehrte Vorgang statt, sodaß die Telephonmembran ähnlich wie ein Neefscher Hammer in dauernde Schwingungen gerät. Da hierbei im primären Kreise nur Widerstandsschwankungen und nicht Stromunterbrechungen auftreten, so erhält man im Sekundärkreis einen nahe reinen Sinusstrom, welcher sich zu den Brückenmessungen vorzüglich eignet. Durch Verwendung verschieden dicker Membrane kann man Wechselströme von 300 bis 1000 Perioden pro Sek. mit einer für den vorliegenden Zweck ausreichenden Stärke leicht herstellen.

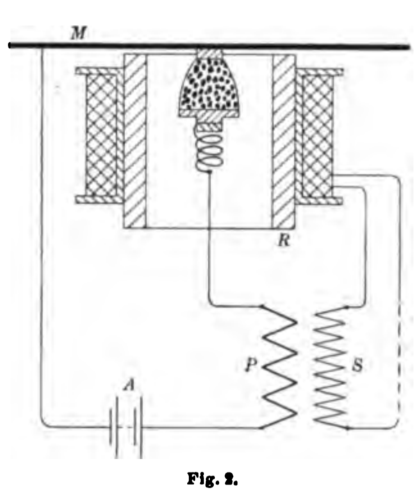


Fig. 2.

Zur Erzielung eines möglichst reinen Stromes ist es vorteilhaft in den Sekundärkreis eine solche Kapazität einzuschalten, daß die elektrische Resonanz mit der Eigenschwingung der Membran übereinstimmt. Beträgt die Selbstinduktion des sekundären Kreises L Henry, die Schwingungszahl der Membran n, so ist eine Kapazität einzuschalten von $C = \frac{10^6}{4\pi^2 n^2 L}$ Mikrofarad.

Die Bestimmung der Periodenzahl des Summerstromes geschieht am genauesten nach der Methode der Schwebungen durch Vergleich des von dem Summer erzeugten Tones mit Normalstimmgabeln[1]). Für den vorliegenden Zweck ausreichend genaue Resultate liefert jedoch auch die Bestimmung der Periodenzahl durch Messung des Knotenabstandes stehender Schallwellen, welche ein von dem Summerstrom erregtes Telephon in einem Glasrohr erzeugt[2]).

Wie erwähnt, lassen sich mit der beschriebenen Vorrichtung Wechselströme bis zu einer Periodenzahl von 1000 pro Sekunde erzeugen, darüber hinaus können maschinelle Vorrichtungen nicht entbehrt werden. Maschinen zur Erzeugung von Sinusströmen noch höherer Periodenzahl für den Laboratoriumsgebrauch sind von v. Kries[3]), Ad. Franke[4]) und M. Wien[5]) konstruiert worden. Die nachstehend beschriebene Maschine steht zwischen der Konstruktion von Franke und derjenigen von Wien. Sie vereinigt gewisse Vorzüge beider Konstruktionen, die für den vorliegenden Zweck von besonderem Wert sind.

---

[1]) Vgl. F. Kohlrausch, Lehrb. d. prakt. Physik. 9. Aufl. *S. 214.*

[2]) K. E. F. Schmidt, *Ann. d. Physik* **7.** *S. 225. 1902.*

[3]) J. v. Kries, *Verhandl. d. naturf. Ges. Freiburg.* **8.** *S. 2. 1882.*

[4]) Ad. Franke, *Elektrotechn. Zeitschr.* **12.** *S. 447. 1891.*

[5]) M. Wien, *Wied. Ann.* **66.** *S. 871. 1898; Ann. d. Physik* **4.** *S. 426. 1901.*

benutzt wurden die Kombinationen (*a—b*):

(100 — 10), (40 — 10), (10 — 1), (3 — 1) *mm*.

Für jedes Glas und jede Wellenlänge sind, soweit von Interesse, die Durchlässigkeitsfaktoren A^{100} für 100 *mm*, A^{10} für 10 *mm*, A^{1} für 1 *mm* berechnet. Ihre mittleren Fehler $\varDelta A^{100}$, $\varDelta A^{10}$, $\varDelta A^{1}$, verschieden nach der Glasdicke (*a* — *b*), aus deren Absorption sie bestimmt wurden, sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

a—b *mm*	$\varDelta A^{100}$	$\varDelta A^{10}$	$\varDelta A^{1}$
90	0,014	0,004	—
30	0,019	0,009	0,001
9	—	0,014	0,004
2	—	0,017	0,011

Da nun diese Fehler das Resultat ebenso gut zu klein wie zu groß machen können, so ergibt sich aus dieser Zusammenstellung, daß allein bei den A^{10}, die aus der Absorption von 90 *mm* Glas, und bei den A^{1}, die aus der von 30 bezw. 9 *mm* Glas gefunden wurden, die zweite Dezimale noch zuverlässig ist; es sind deshalb auch nur die so bestimmten A^{10} und A^{1} in den Tabellen bis auf drei Dezimalen angegeben.

Diffuses Licht.

In jeder, besonders aber in einer mehrprismigen Spektralanordnung, bei der nicht besondere Vorkehrungen dagegen getroffen sind, findet sich neben dem regelmäßig spektral zerlegten Licht auch diffuses Licht, das, durch unregelmäßige Brechungen und Reflexionen von dem anderen getrennt, das Spektrum überlagert. Solange es sich, wie z. B. bei Dispersionsmessungen, um reine Ortsbestimmungen im Spektrum handelt, wird sich ein störender Einfluß des diffusen Lichtes kaum bemerkbar machen. Es ist dieses jedoch in sehr erheblichem Maße der Fall bei monochromatischen Absorptionsmessungen. Falls die Intensität des monochromatischen Lichtes groß ist gegenüber der des ihm beigemengten diffusen, wird, solange die Absorption für ersteres nicht eine gewisse Größe erreicht, der Einfluß des diffusen Lichtes verschwinden. Sobald aber infolge stärkerer Absorption die Intensität des von dem Absorbens noch durchgelassenen monochromatischen Lichtes einen die Unterscheidungsgrenzen des Photometers übersteigenden Zuwachs durch das noch durchgelassene diffuse Licht erhält, das im allgemeinen Lichtstrahlen anderer Brechbarkeit und darunter auch solche enthält, die eine geringere Absorption erfahren wie das betreffende monochromatische Licht, so werden von einer bestimmten Grenze an die beobachteten Durchlässigkeitsfaktoren zu groß werden. Wenn man daher über diese Grenze hinausgehen will, so muß das diffuse Licht aus dem Photometer entfernt werden.

Es bieten sich dazu, da in den wenigsten Fällen eine monochromatische Primärlichtquelle anwendbar ist, zwei Wege, die Methode der doppelten Spektralzerlegung und die Anwendung von Lichtfiltern. Das erstere hätte den benutzten Apparat zu ausgedehnt und lichtschwach gemacht; es wurde deshalb das zweite Verfahren eingeschlagen.

Die Verhältnisse lagen in dem Apparate besonders ungünstig, da neben den beiden Prismen in noch viel stärkerem Maße die beiden Objektive diffuses Licht erzeugten, indem der Flußspat viele fremde Einschlüsse anderer Brechbarkeit enthielt. So blieb auch nach Schwärzung sämtlicher Flächen, an denen unregelmäßige

des Elektromagnets, welche durch die Stromquelle geschlossen ist, und die damit verbundene Schwächung des Nutzstromes zu vermeiden, wird in die Gleichstromleitung eine Drosselspule von hoher Selbstinduktion eingeschaltet. Der zweite, in der Fig. 4 rechts sichtbare Elektromotor ist durch einen regulierbaren Widerstand geschlossen und dient dazu, den Antriebsmotor konstant zu belasten, sodaß kleine Veränderungen in der Lagerreibung o. dgl. keine merklichen Schwankungen der Tourenzahl des Antriebsmotors herbeiführen können.

Der durch diese Maschine erzeugte Wechselstrom enthält noch geringe Beimengungen an Oberschwingungen u. dgl., welche durch die unvermeidlichen Erschütterungen beim Betriebe der Maschine herbeigeführt werden. Bei den meisten Messungen stören diese geringen Verunreinigungen nicht, man kann sie jedoch nach dem Vorgange von Wien durch elektrische Resonanz nahezu beseitigen. Zu diesem Zwecke schließt man die Maschine durch die Primärwickelung eines Transformators und schaltet gleichzeitig einen Kondensatorkasten ein, in welchen soviel Kapazität C gezogen wird, daß die Resonanzgleichung

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$$

erfüllt ist. L bedeutet die Selbstinduktion des Primärkreises und n die Periodenzahl. Hierdurch wird die Stärke des Hauptstromes außerordentlich erhöht, sodaß im Sekundärkreis die Oberschwingungen fast vollständig verschwinden.

Die Nutzleistung der Maschine beträgt etwa 15 Watt.

2. Wechselstrombrücke.

Die zur Ausführung der Messung dienende Kombination einer Gleichstrom- und Wechselstrombrücke ist in der umstehenden Fig. 5 abgebildet. Für die Anordnung des Meßdrahtes und Schleifkontaktes ist, von einigen kleinen Abänderungen abgesehen, die bewährte Konstruktion des Universalgalvanometers übernommen worden. In die Peripherie der kreisförmigen, aus Serpentin gefertigten Sockelplatte ist eine Nut zur Aufnahme des Meßdrahtes eingedreht. Auf dem letzteren schleift unter Vermittelung eines Platinröllchens der rechts in der Figur sichtbare Kontakthebel. Die Einteilung des Meßdrahtes ist, um Rechnungen zu ersparen, gleich im Verhältnis der Drahtlängen links und rechts vom Kontakt ausgeführt. Auf die Serpentinplatte ist der oben erwähnte Widerstandskasten w mit kreisförmiger Anordnung der Widerstände aufgesetzt. Der Widerstandskranz umschließt das zur Gleichstromeinstellung dienende Galvanoskop.

An die Klemmen X wird der zu messende Apparat angeschlossen, an N das Selbstinduktionsnormal, an T das Hörtelephon, an B ein Trockenelement und an S die Wechselstromquelle. Wird der Stöpsel in das mit W bezeichnete rechte Loch gesteckt, so ist die Wechselstromquelle und das Telephon T eingeschaltet, bei Stöpselung in G dagegen das Galvanoskop und die Gleichstromquelle. Zur Ausführung einer Selbstinduktions- und Verlustmessung stellt man nach Einstecken des Stöpsels in W durch abwechselndes Verstellen am Kontakthebel und Ziehen von Widerständen zunächst ein scharfes Wechselstromminimum ein, alsdann legt man durch Einstecken des Stöpsels in G die Gleichstromapparate an die Brücke und bringt durch abermaliges Ziehen im Widerstandssatz den Ausschlag des Galvanoskops zum Verschwinden. Der zuletzt gezogene Widerstand ist der oben erwähnte Verlustwiderstand $R' - R$. Die Ablesung am Brückendraht mit dem Wert des Normals multipliziert ergibt die gesuchte Selbstinduktion des Apparates.

Außerdem erhält man gleichzeitig die Einzelwerte R' und R des Wechsel- und Gleichstromwiderstandes.

3. Selbstinduktionsnormale.

Es ist das Verdienst von M. Wien, zuerst Einheitsrollen der Selbstinduktion in die Meßtechnik eingeführt zu haben. Die von W. Siedentopf in Würzburg angefertigten Normalien entsprechen ihrem Zweck, Präzisionseinheiten zu sein, im allgemeinen sehr vollkommen. Bei Wechselströmen von über 1500 Perioden zeigt sich jedoch eine geringe Abhängigkeit der Selbstinduktion von der Periodenzahl. Wie die Untersuchungen mit der soeben beschriebenen Brücke gezeigt haben, entsteht



Fig. 5.

diese Abhängigkeit durch Foucaultsche Ströme, welche in den auf den Steinrollen befindlichen Klemmschrauben, sowie in dem Querschnitt des zur Wickelung verwendeten Kupferdrahtes selbst erzeugt werden. Diese Übelstände lassen sich vermeiden, wenn man die großen Klemmschrauben durch kleine Schräubchen ersetzt, welche hinreichend weit aus dem Magnetfelde der Spule gerückt sind, und außerdem zur Wickelung nicht einen massiven Kupferdraht benutzt, sondern eine Kupferlitze aus einer großen Anzahl sehr dünner, voneinander isolierter Kupferdrähte[1]).

4. Apparat zur Bestimmung sehr kleiner Selbstinduktionen.

Mit der soeben beschriebenen Wechselstrombrücke lassen sich Selbstinduktionen bis herab zu 0,001 Henry (10^6 *cm*) messen. Unterhalb dieses Wertes ist eine genaue

[1]) Die Widerstandserhöhung durch den Wirbelstrom in massiven Kupferdrähten ist schon bei 0,5 *mm* Durchmesser und bei Periodenzahlen unter 1000 bedeutend, sodaß sich genaue absolute Bestimmungen *nur* bei Normalien mit Litzenbewickelung ausführen lassen.

Bestimmung infolge der in den Zuleitungen und Widerständen enthaltenen geringen Beträge an Selbstinduktionen nicht mehr möglich. Für kleine Selbstinduktionen unterhalb des genannten Betrages soll die in Fig. 6 abgebildete Meßbrücke dienen. Zur Vermeidung der Fehler aus gegenseitiger Induktion ist der Brückendraht geradlinig gespannt und auf 1 *dm* verkürzt; an Stelle des Widerstandskranzes ist ein 2 *cm* langer Manganindraht W gesetzt, auf welchem ein Schleifkontakt mittels des Griffes g grob und mittels der Schraube M fein verschoben werden kann.

Die zu messende Spule wird an die Klemmen k_1 und k_2 angelegt. Das Telephon wird zwischen den Brückenkontakt und den Schleifkontakt an W eingeschaltet.

Da die erste Einstellung am Meßdraht infolge des überwiegenden Einflusses des Widerstandes nicht wie bei größeren Selbstinduktionen in der Nähe des Selbstinduktionsminimums, sondern in der Nähe des Widerstandsminimums erfolgt und man

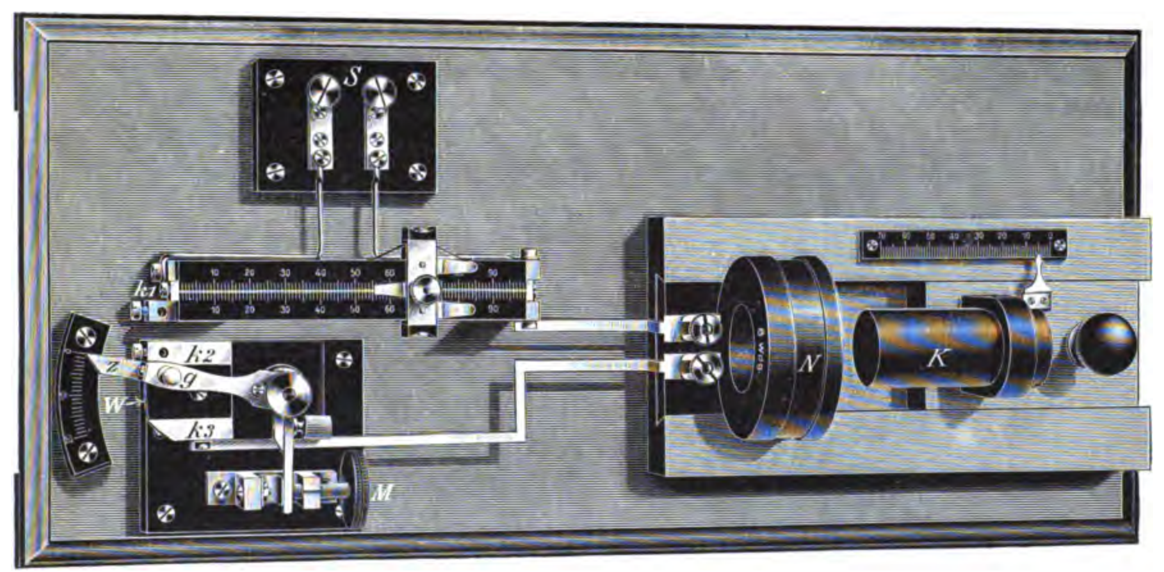


Fig. 6.

nicht weiß, ob sich das Selbstinduktionsminimum rechts oder links von der Kontaktstellung befindet, so läßt sich die scharfe Einstellung des Minimums nur durch zeitraubendes Ausprobieren ausführen. Man vermeidet diese Schwierigkeit, wenn man auch das Selbstinduktionsnormal veränderlich macht, sodaß man das Selbstinduktionsminimum für sich verschieben und so mit dem Widerstandsminimum zur Deckung bringen kann. Diesem Zweck dient die bei N befindliche variable Selbstinduktion. Die Veränderung der Selbstinduktion wird dadurch herbeigeführt, daß ein Kern K aus wirbelstromfreier Eisenmasse mehr oder weniger tief in die Spule N hineingeschoben werden kann. Die jeweilige Stellung des Eisenkerns kann an einer Teilung abgelesen werden. Bei der Ausführung einer Messung stellt man das Minimum durch abwechselndes Verstellen am Brückenkontakt, am Widerstandskontakt und an der variablen Selbstinduktion ein. Auf diese Weise ist es möglich die Messung auch der kleinsten Selbstinduktion in wenigen Minuten auszuführen. Mit diesem Apparat lassen sich Selbstinduktionen bis herab zu 10^{-7} Henry (10^2 *cm*) mit einer Genauigkeit von 1 bis 2 Prozent bestimmen. Es läßt sich also hiermit die Selbstinduktion von wenigen Windungen dicken Kupferdrahtes mit genügender Genauigkeit ermitteln,

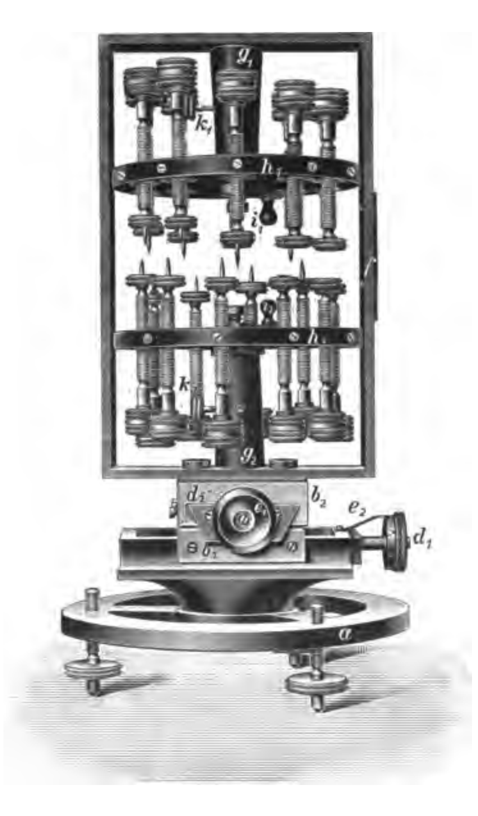
sodaß die Meßeinrichtung als bequemes Messungshülfsmittel bei Untersuchungen mit schnellen elektrischen Schwingungen dienen kann.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß sich mit den beschriebenen Apparaten auch die Messung gegenseitiger Induktionskoeffizienten und absolute Bestimmungen der Selbstinduktion nach den Wienschen Methoden ausführen lassen, doch haben diese Methoden geringere praktische Bedeutung, seitdem die Physikalisch-Technische Reichsanstalt die Eichung von Selbstinduktionsnormalien ausführt.

Hülfsapparat für spektrale Untersuchungen.

Von
Dr. Chr. Jensen in Hamburg.

Bei der Beschäftigung mit spektralen Untersuchungen wurde in mir der Wunsch rege, einen Apparat zu besitzen, der es erlaubt, den Abstand der Elektroden bequem verändern und Funkenspektren verschiedener Metalle schnell miteinander vergleichen zu können. Bei der Wichtigkeit der bekannten Lockyerschen Methode der kurzen und langen Linien für die Erkenntnis des Einflusses von Temperatur und Druck auf die Spektren erschien es mir von besonderer Wichtigkeit, bei der Konstruktion eines derartigen Apparates von vornherein dafür Sorge zu tragen, daß in bequemer Weise nach Bedarf bald horizontale, bald vertikale Funken benutzt werden könnten. Der von Hrn. Institutsmechaniker C. Schneider auf Grund der von mir dargelegten prinzipiellen Gesichtspunkte konstruierte Apparat ist in der beistehenden Figur dargestellt.



Die Grundplatte a des Apparats besteht aus einem kräftigen Messingrad, in dessen drei Speichen sich die Stellschrauben aus Stahl befinden. Die Grundplatte ist so gehalten, daß zur genaueren Einstellung eine Libelle aufgesetzt werden kann. Mit der Grundplatte fest verbunden ist der Schlittenapparat b_1 b_2. Derselbe ist aus Rotguß hergestellt; die Spindeln, welche zum Fortbewegen der beiden Schlitten b_1 und b_2 dienen, wurden aus gutem Stahl angefertigt. Die Schlitten haben prismatische Führung, wodurch eine Abnutzung und dadurch bedingte fehlerhafte Bewegung ausgeschlossen ist. Als Handhabe zur Bewegung der beiden Schlitten dienen die mit Teilung versehenen Knöpfe d_1 und d_2. Zur Ablesung dient je ein einfacher Index (e_1 und e_2). Die Gewinde der Spindeln sind so bemessen, daß eine volle Umdrehung der Knöpfe d_1 und d_2 die Schlitten genau um 1 *mm* fortbewegt.

Auf dem oberen Schlitten befindet sich der mittels zweier Schrauben festgehaltene Rahmen f, der Träger der Funkenstrecken. Derselbe ist aus Messing her-

gestellt und hat je zwei Bohrungen (in der Figur unten und rechts in der Mitte), welche in leicht ersichtlicher Weise dazu bestimmt sind, einmal *vertikale*, das andere Mal *horizontale* Funkenstrecken zu benutzen. Im Rahmen fest angebracht sind die beiden Ebonitträger g_1 und g_2. An den Enden der Träger sind Messingführungen, auf welchen sich die Ebonitplatten h_1 und h_2 zentrisch drehen. Diese Träger sind mit Klemmschrauben k_1 und k_2 versehen, welche zur Stromzuführung dienen. Von den Enden der Träger aus gelangt der Strom durch die beweglichen Stromzuführer i_1 und i_2 durch einfache Drehung je nach Bedarf zu den verschiedenen Elektrodenhaltern, sodaß zur Zeit auf jeder Scheibe immer nur eine Elektrode Strom bekommt. Es mag dabei besonders hervorgehoben werden, daß hier bei schneller Hintereinanderbenutzung verschiedener Elektroden zur Herstellung der Stromzufuhr nur eine Verstellung des Hebels i_1 bezw. i_2 erforderlich ist, während bei anderen Apparaten, soweit mir bekannt, jeder einzelnen Elektrode eine besondere Klemme entspricht. Die Elektrodenhalter sind mit einer durchgehenden Bohrung versehen und gestatten ein bequemes Wechseln der Elektroden. In den hier abgebildeten Apparat können im ganzen zehn Paar Elektroden eingesetzt werden; diese Zahl ließe sich natürlich bei neu anzufertigenden Apparaten noch vergrößern. Da die beiden Ebonitplatten h_1 und h_2 unabhängig voneinander um ihre Achse gedreht werden können, so ist dadurch erzielt, daß man erstens zehn gleiche Elektrodenpaare für die spektrale Untersuchung benutzen kann, daß sich aber weiter beispielsweise jede Elektrode der Platte h_1 mit einer aus einem andern Material bestehenden Elektrode der Platte h_2 kombinieren läßt, was natürlich für eine leichtere Orientierung in den Spektren von großem Vorteil sein kann. Der Zweck des Schlittenapparats mit seinen unter einem rechten Winkel gegen einander beweglichen Schlitten ist der, daß man bei Anwendung eines Spektrometers oder eines Spektrographen den in Frage kommenden Funken ohne Mühe genau dahin bringen kann, wo man ihn wünscht. Dies ist nicht nur sehr bequem, soweit es sich um eine rasche Orientierung handelt, sondern ist vor allem von großem Wert, wenn es sich um wissenschaftliche photographische Aufnahmen handelt. Tatsächlich habe ich mit diesem äußerst stabilen Apparat schnell und bequem arbeiten können.

Es ist ersichtlich, daß er in der beschriebenen Ausführung in erster Linie für die Untersuchung von Funkenspektren gebaut ist. Bei geringer Stromstärke konnte ich jedoch auch Bogenspektren mit demselben untersuchen; bei großer Stromstärke dagegen hindert die zu große Erwärmung der Ebonitplatten bezw. der an den Enden der Elektrodenhalter befindlichen Ebonitknöpfe die Verwendung für Lichtbogen. Bei Anwendung eines geeigneten Isoliermaterials (Schiefer, Marmor o. dgl.) würde man jedoch selbstverständlich den Apparat auch zur Untersuchung von Bogenspektren bei größeren Stromstärken benutzen können.

Hamburg, Physikalisches Staatslaboratorium.

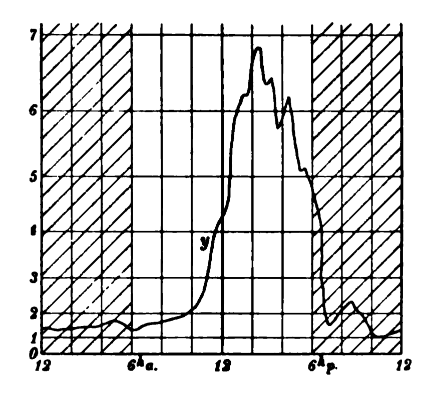
Referate.

Das Bryansche Planimeter.

Engineering **74.** *S. 742. 1902.*

Bryan hat das Instrument zur Integration von Wassermesserdiagrammen, wie sie z. B. der Deaconsche Wassermesser liefert, konstruiert; in diesen Diagrammen ist der *Maßstab der Ordinaten* nicht konstant, sondern mit der Entfernung von der Basis des Diagramms *stetig veränderlich.* In der umstehenden Figur sind als Abszissen die Tagesstunden von 12^h Nachts

bis zur nächsten Mitternacht aufgetragen; die den Stunden zwischen 6^h Abends und 6^h Morgens entsprechenden Flächen sind schraffiert. Der selbstschreibende Wassermeßapparat zeichnet, durch das durchfließende Wasser in Bewegung gesetzt, eine Kurve, z. B. von der Form y auf, und es handelt sich darum, nachher durch Messung der Fläche zwischen y und der Abszissenachse die gesamte Durchflußmenge für den Tag festzustellen. Dies könnte mit jedem der gewöhnlichen Planimeter sofort geschehen, wenn der Ordinatenmaßstab *konstant* wäre. Bei der vorliegenden Aufgabe ist dies aber, wie erwähnt, nicht der Fall, sondern er ist stetig veränderlich. Wenn z. B. an der Abszissenachse 1 *mm* der Ordinate 1 Kubikmeter entspricht, so entsprechen in bestimmter Entfernung von dieser Achse 2 *mm* 1 Kubikmeter u. s. f.



Das *Gesetz* dieser Veränderung des Ordinatenmaßstabes muß selbstverständlich gegeben sein; es ist in der Skizze durch die horizontalen, mit den Zahlen 0 bis 7 bezeichneten Linien angedeutet. Unter diesen Umständen läßt sich nun die Fläche zwischen y und der Abszissenachse mit den gewöhnlichen Planimetern nicht mehr derart bestimmen, daß aus ihr sogleich die Mittelordinate (oder in der vorliegenden Anwendung die Gesamtdurchflußmenge) sich ergeben würde.

Man kann aber auf dem von Bryan angegebenen Wege zu einem Planimeter kommen, das diese Aufgabe löst. Sein Instrument ist ein Wagen- (oder Schlitten-) Polarplanimeter, nämlich ein Polarplanimeter, dessen Stangendrehungspunkt nicht wie beim gewöhnlichen gezwungen auf einem Kreis um den Pol, sondern wie beim Rollplanimeter, nur durch andere Mittel, gezwungen auf einer Geraden (Kreis von unendlich großem Halbmesser) geführt wird; von den drei Rollen des Wagens, der den einen Teil des Planimeters (Rolle mit Zählwerk) trägt, laufen zwei in bestimmtem Abstand hinter einander gestellte in der geradlinigen Nut eines metallenen Lineals, die dritte parallel zu dieser Linie, seitlich davon. Auf der Linealoberfläche (mit Papier überzogen) wälzt sich der Rand der Integrierrolle ab. Die Welle dieser Rolle, die beim gewöhnlichen Polarplanimeter parallel zu der im Fahrstift endigenden Stange liegt, bildet hier einen Winkel mit diesem zweiten Bestandteil des Planimeters, der sich selbsttätig verändert mit der Veränderung der Entfernung des Fahrstifts von der Grundlinie des Diagramms, d. h. mit der Veränderung des Ordinatenmaßstabs. Der Halter der Integrierrolle ist ein Hebel, am einen Ende durch ein Universalgelenk mit dem dem Fahrstift gegenüber liegenden Ende der Fahrstange verbunden, während das andere Ende durch eine Feder gegen ein auf dem Rollenwagen befestigtes Metallstück (Lehre) gedrückt wird. Dadurch wird der Winkel der Rollenachse mit der Fahrstange automatisch verändert mit Veränderung der Entfernung des Fahrstifts von der Grundlinie. Je nach der Form der Lehre können die verschiedensten Gesetze der Maßstabsänderung der Ordinaten berücksichtigt werden; es können auch beliebig viele solcher Lehren vorhanden sein, sie können leicht ausgewechselt und befestigt werden. Ist dieses Metallstück ein Kreis, so entspricht dies dem Fall, daß *keine* Maßstabsänderung in den Ordinaten vorhanden ist, man hat konstanten Winkel zwischen Rollenrand- (Spurkranz-) Ebene und Fahrstange, nämlich das gewöhnliche Polarplanimeter.

Die an sich einfache Theorie des Instruments wird in dem Aufsatz elementar entwickelt. Es findet sich aber nichts über die Berechnung und Herstellung der Lehre für ein gegebenes Ordinatenmaßstab-Variationsgesetz.

Die Ausführung des Instruments ist der *Palatine Engineering Co.* in Liverpool übertragen.

Hammer.

Nickelstahl und seine Verwendung in der Chronometrie.

Von Ch. Ed. Guillaume. *Comptes rendus du Congrès internat. de Chronométrie. Paris, Gauthier-Villars 1902. S. 90.*

Dem in der Zeit vom 28. Juli bis 3. August 1900 in Paris abgehaltenen Internationalen Kongresse für Chronometrie hat Guillaume über die bisher mit Nickelstahl-Legierungen in der Uhrmacherkunst gewonnenen Erfahrungen berichtet.

Bei der Anfertigung von Pendeln für Präzisionsuhren ist man mit Recht von den schwierig herzustellenden Rostpendeln abgekommen und hat an ihrer Stelle ausschließlich Pendel mit Quecksilber-Kompensation in letzter Zeit angewendet. Diese haben aber den Nachteil, daß das Quecksilber gerade in jenem Teile des Pendels enthalten sein muß, der die größten Wege zurücklegt, wodurch das Quecksilber unkontrollierbare Niveauänderungen erleidet; ferner ist es oxydierbar und verdampft leicht; durch Niederschlagen der Dämpfe auf anderen Teilen des Pendels kann ferner eine Schwerpunktsverschiebung hervorgerufen werden. Diese Nachteile ließen sich nur durch Ersatz des Quecksilbers durch ein festes Material vermeiden, dessen Ausdehnung sich in Bezug auf das Material der Stange ähnlich verhält, wie diejenige von Quecksilber zu der Ausdehnung des Stahls. Unter den erprobten Nickelstahlarten gibt es aber bekanntlich solche mit derart kleinem Ausdehnungskoeffizienten, daß ihrer Anwendung zu Pendelstangen in Verbindung mit Linsen aus gewöhnlichem Metalle keinerlei Hindernisse entgegenstehen.

Es wurden im ganzen drei Modelle solcher Kompensations-Pendel versucht, darunter das erste, welches im April 1897 dem *Comité international des poids et mesures* vorgelegt wurde und im *Journ. Suisse d'horlogerie* **21.** *S. 69. 1897/98* beschrieben ist. Obwohl nun Pendel dieser Art für mehrere Präzisionsuhren gebaut wurden, läßt sich über ihr Verhalten, mangels genügend langer Beobachtungsreihen, ein endgültiges Urteil noch nicht abgeben.

Allerdings müßte man der Theorie nach ein der Quecksilber-Kompensation weit überlegenes Verhalten dieser Pendel erwarten; denn wenn auch der neuen Konstruktion die gleichen Fehler anhaften, wie der alten, daß nämlich die Stange der Temperatur rascher folgt als die Linse und daß also die Temperaturen für Stange und Linse verschieden sein können, so bleibt doch der Einfluß dieser Fehler, weil die Ausdehnung der Stange nur $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ jener der Stahlstange beträgt, innerhalb viel engerer Grenzen. Dasselbe gilt von wirklichen Temperaturunterschieden im Uhrenkasten.

Es könnten somit nur noch Bedenken erhoben werden wegen der langsamen Längenänderungen der Nickelstahlarten. Wird eine Stange von gegebener Länge stark erwärmt und hierauf wieder der früheren Temperatur ausgesetzt, so nimmt sie die vorher innegehabte Länge nicht sofort wieder an, sondern braucht hierzu längere Zeit, drei bis vier Jahre.

Anfangs sind diese langsamen Änderungen ziemlich groß; doch schon nach einem Jahre sinken sie auf so kleine Werte, daß dadurch der tägliche Gang der Uhr um höchstens 0,06 bis 0,08 Sek. geändert wird, ein Betrag, der zudem, wegen der Regelmäßigkeit der Längenänderung, in Rechnung gesetzt werden kann.

Ebenso bleiben die Störungen dieser langsamen Änderung durch die tägliche Amplitude der Temperatur in so geringen Grenzen, daß ein schädlicher Einfluß auf den täglichen Gang nicht befürchtet zu werden braucht, umsoweniger als für eine gut untergebrachte Pendeluhr die tägliche Schwankung der Temperatur ohnehin wenige Grad nicht übersteigen darf.

Die erwähnten günstigen Stabilitätsverhältnisse sind aber nur dann zu erreichen, wenn die Stange zuvor einem systematischen Temperungsverfahren unterworfen worden war. Zu diesem Behufe wird die Stange etwa 100 Stunden lang einer Temperatur von 100° ausgesetzt und sodann 4 bis 6 Wochen langsam derart abgekühlt, daß die Zeit, während welcher die Stange in einer nächst niederen Temperatur zubringt, desto länger wird, je niederer diese Temperatur selbst ist; hierbei ist es gestattet, namentlich über 50° die Temperatur sprungweise um je 10 bis 20 Grad zu vermindern.

Für Uhren zweiter Güte ist dieser langwierige Prozeß nicht notwendig; es genügt

vielmehr, die Abkühlung von 100° auf die gewöhnliche Zimmertemperatur in zwei bis drei Tagen vor sich gehen zu lassen.

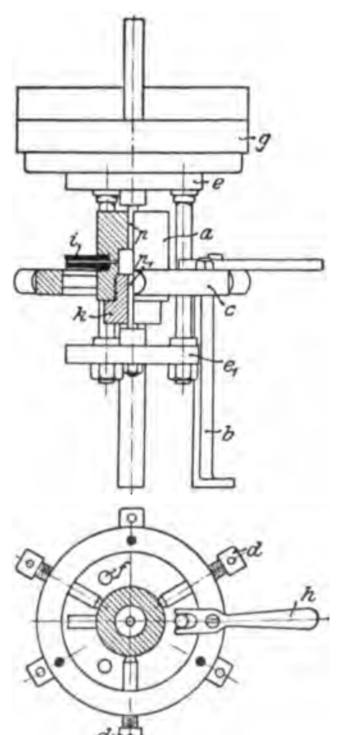
Sehr vorsichtig muß man bei Verbindung dieser neuen Legierungen mit anderen Metallen sein, weil die großen Unterschiede ihrer Ausdehnungskoeffizienten notwendigerweise bei Temperaturwechseln Verzerrungen hervorrufen müssen; dies dürfte auch der Grund sein, warum bei manchen dieser Konstruktionen plötzliche Gangsprünge zur Beobachtung gelangten.

Cl. Riefler in München, welcher seit einiger Zeit die Stangen aus „Invar“ für seine Pendeluhren verwendet, trug diesem Umstande durch eine besondere Aufhängevorrichtung Rechnung (vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 196. 1902*).

Große Vorteile können die Nickelstahl-Legierungen beim Bau von Chronometern bieten, da es Kombinationen gibt, welche die Hülfskompensation, die so oft die Ursache für plötzliche Gangänderungen ist, entbehren lassen.

Die Verbindung des Messings mit einem Metalle von geringerem Ausdehnungskoeffizienten als Stahl gestattet, die Länge des Kranzes der Unruhe zu verkürzen; dadurch wird der schädliche Einfluß der Zentrifugalkraft vermindert.

Um die theoretischen Überlegungen durch einen praktischen Versuch zu bestätigen, wurde eine derartige Unruhe in ein zuvor vollkommen reguliertes Schiffschronometer eingesetzt und die zwei Monate lang fortgeführten Temperaturversuche haben ebenso vorzügliche Resultate, wie ein mit gleicher Unruhe versehenes Taschenchronometer von Nardin, ergeben; diese, sowie viele andere später angestellte Versuche haben zur Genüge bewiesen, daß die neuartigen Unruhen die Hülfskompensation entbehrlich machen und daß auch ihre Gestalt, trotz bedeutender Temperatursprünge, nicht merklich verändert wird[1]).



Über die von Perret unter Guillaumes Leitung angestellten interessanten Untersuchungen betreffs der Temperaturkoeffizienten des Elastizitätsmoduls, die für die Chronometrie ebenfalls von Wichtigkeit sind, vgl. das Referat: Neue Untersuchungen über Nickelstahl-Legierungen, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 184. 1903.*

Durch die Anwendung verschiedener Nickelstahl-Legierungen lassen sich somit mehrere Vereinfachungen und Verbesserungen in der Uhrmacherkunst erreichen, die zum Teil schon durch mehrjährige Erfahrungen erprobt sind, zum Teil aber noch ein weites Feld für fernere Versuche offen lassen.

Vital.

Messung hoher Drucke.

Engineering **75.** *S. 31. 1903.*

Zur Messung von Drucken bis 8 *tons* auf 1 Quadratzoll (1260 *kg* pro *qcm*) dient im *National Physical Laboratory* in Teddington bei London eine Differentialkolbenpresse mit Gewichtsbelastung in Verbindung mit einem Schaeffer & Budenbergschen Prüfungsapparat für Manometer. Die Konstruktion der Differentialpresse ist aus der nebenstehenden Figur ersichtlich. c ist ein massiver, auf den drei Trägern b befestigter Ring, welcher den passend durchbohrten, mit den Schrauben d befestigten Zylinder a mit den Kolben p und p_1 trägt. p_1 drückt auf die Platte e_1, p auf den die Ausgleichsgewichte g tragenden Teller e. Teller und Platte sind durch drei starke Säulen f fest verbunden, sodaß entsprechend dem Prinzip der Differentialkolbenpresse dann nur derjenige Druck zur Geltung kommt, welcher der Querschnittsdifferenz der beiden Stempel entspricht. Diese beträgt

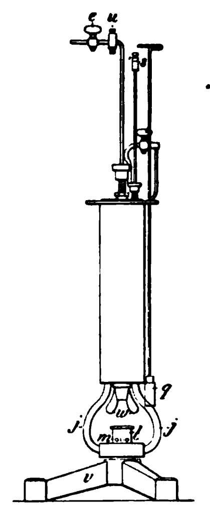
[1]) Es sei hier hinzugefügt, daß ein neuerdings von P. Ditisheim in Kew beobachtetes Chronometer mit gleicher Unruhe Resultate ergeben hat, die die besten bis jetzt in Kew erlangten bedeutend an Güte übertreffen.

0,01304 Quadratzoll, um welche der Querschnitt des oberen Stempels größer ist. Die Reibung wird durch drehende Hin- und Herbewegung mittels des Handgriffs *h* beseitigt (vgl. auch *diese Zeitschr.* ***18.*** *S. 56. 1898*). Differenzen gegen die Angaben eines Quecksilbermanometers sind bei diesem Apparat nicht beobachtet worden. *Rt.*

Verbesserte Form eines Kohle-Kalorimeters.

Von W. Rosenhain. *Phil. Mag.* ***4.*** *S. 451. 1902.*

Das Kalorimeter soll eine für technische Zwecke möglichst einfache und handliche Form besitzen. Es besteht aus dem eigentlichen Wasser-Kalorimeter, einem rechteckigen Gefäß aus Messingblech von etwa $1^1/_2$ Liter Inhalt und dem Verbrennungsgefäß für die Kohle, das in nebenstehender Figur abgebildet ist (der Fuß *v* gehört nicht zum Kalorimeter). Der Verbrennungsraum wird aus einem oben und unten durch Messingplatten und Gummischeiben verschlossenen Lampenzylinder gebildet, auf dessen Boden die Kohle liegt. Der zur Verbrennung derselben dienende Sauerstoff tritt bei *e* ein und gelangt durch einen brauseartigen Ansatz in das Innere des Zylinders. Die Verbrennungsgase entweichen durch die Röhren *j* und treten durch ein in der Kammer *l* befindliches Kugelventil und die feinen Löcher *m* in Blasen in das Kalorimeterwasser. Das Kugelventil verhindert das Zurücktreten des Wassers beim Nachlassen der Verbrennung. Das Auslaßventil *q* an einem Rohr *j* kann von außen her durch eine Stange geöffnet werden. Die Entzündung der Kohle geschieht auf elektrischem Wege, wozu die Klemmen *s* und *u* dienen. Als besonderen Vorteil des Kalorimeters führt Verf. an, daß der Verbrennungsvorgang sichtbar ist. Andererseits wird als ein Nachteil des „Bombenkalorimeters" gegenüber dem hier beschriebenen betont, daß die Bombe dicke Wände besitzt und es deshalb erhebliche Zeit dauert, bis die gesamte Wärme hindurch gegangen ist. Tatsächlich vollzieht sich aber der Wärmeausgleich in verhältnismäßig kurzer Zeit. *W. J.*



Über Sichtbarmachung und Größenbestimmung ultramikroskopischer Teilchen, mit besonderer Anwendung auf Goldrubingläser.

Von H. Siedentopf und R. Zsigmondy. *Ann. d. Physik* ***10.*** *S. 1. 1903.*

1. Abbe und Helmholtz haben bewiesen, daß mit den stärksten Mikroskopen zwei Objekte nicht mehr getrennt wahrgenommen werden können, wenn ihr Abstand kleiner ist als die durch die Apertur N des Objektivs und die Wellenlänge λ des abbildenden Lichtes bestimmte Größe $d = \lambda/2N$. Siedentopf und Zsigmondy haben sich nicht die Aufgabe gestellt, diese Grenze d des Auflösungsvermögens weiter als bisher möglich herabzusetzen. Das Verdienst der Verf. liegt vielmehr darin, *sehr kleine, aber weit von einander entfernte Teilchen sichtbar gemacht und näher untersucht zu haben.*

Gegenstand der meisten Beobachtungen war Glas mit eingelagerten Goldpartikelchen, sog. Goldrubinglas. Ein Dünnschliff aus Goldrubinglas im durchfallenden Lichte erscheint vollkommen homogen. Dies erklärt sich aus der Kleinheit der Teilchen; jedes Partikelchen wird zwar im Gesichtsfeld ein Beugungsscheibchen hervorrufen, welches etwas dunkler ist als die Umgebung; aber das Verhältnis der Flächenhelle von Scheibchen und Umgebung ist so wenig von 1 verschieden, daß das Scheibchen nicht sichtbar ist. Die gewöhnliche Dunkelfeldmethode sollte helle Beugungsscheibchen auf dunklem Grunde hervorbringen, führt indes nicht zum Ziele, weil infolge der wiederholten Reflexionen im Kondensor und Objektiv das ganze Gesichtsfeld merklich beleuchtet wird. Die Verf. haben daher eine neue Methode angewandt, bei welcher tatsächlich keiner der beleuchtenden Strahlen in dem zur Sichtbarmachung verwendeten Beleuchtungskegel vorhanden ist. Das Prinzip geht aus Fig. 1 hervor. Der Kondensor entwirft ein äußerst schmales Spaltbild unter dem Mikroskop-

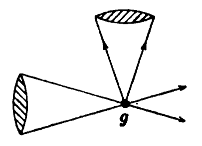


Fig. 1.

objektiv; die vom Kondensor kommenden Strahlen gehen am Objektiv vorbei. Am Goldteilchen g wird dagegen ein Teil des auffallenden Lichtes gebeugt und in die Öffnung des Mikroskopobjektivs geworfen. In der Bildebene des Mikroskops entsteht ein helles Beugungsscheibchen von g, in völlig dunkler Umgebung und deshalb gut sichtbar. Als Kondensorsystem wählen die Verf. ein Mikroskopobjektiv von der Apertur 0,30; als Beobachtungsobjektive können neben schwächeren auch die schärfsten Systeme benutzt werden. Die nähere Einrichtung der benutzten Anordnung ist in Fig. 2 dargestellt. Kondensor und Mikroskop sind an den Enden einer optischen Bank (Dreikantschiene) aufgestellt.

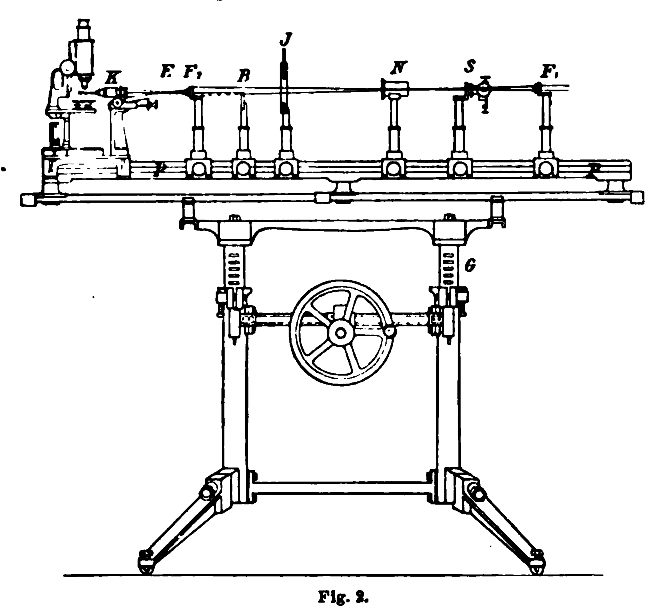


Fig. 2.

Die zur Beleuchtung dienenden Teile sind folgende. Ein Fernrohrobjektiv F_1 entwirft auf dem horizontalen Spalt S ein Bild der Sonne (oder es entwirft ein Kondensor auf S das Bild eines Kohlelichtbogens). Nachdem die Strahlen eine Irisblende J und eine stemmeisenförmige Blende B passiert haben, werden sie durch ein Objektiv F_2 zu einem Spaltbilde E vereinigt. Letzteres wird von dem Kondensor K in der Achse des Mikroskoptubus scharf abgebildet. Gläser werden in Schliffen von 2 *mm* Dicke mit anpolierter Stirnfläche untersucht. Flüssigkeiten werden in einen kleinen, mit einem Quarzfenster versehenen Trog gefüllt; das Objektiv wird direkt in die Flüssigkeit eingetaucht.

2. Nachdem die Sichtbarmachung der einzelnen Goldpartikelchen gelungen war, bestimmten die Verf. die in 1 Kubikmillimeter enthaltene Teilchenzahl. Am einfachsten ist es, den Abstand der Beugungsscheibchen mit dem Okularmikrometer zu messen und den Teilchenabstand daraus zu berechnen; viel genauere Resultate erhält man durch Auszählen der in einem bestimmten kleinen Volumen enthaltenen Teilchen. Ist außer der Anzahl n noch die Gesamtmenge A des Goldes in 1 Kubikmillimeter bekannt, setzt man das spezifische Gewicht des Goldes gleich 20 und nimmt würfelförmige Gestalt der Teilchen an, so findet sich die Teilchengröße (genauer die Seitenlänge)

$$l = \sqrt[3]{\frac{A}{20\,n}}\,.$$

In gefärbten Goldlösungen ist die Menge des gelösten Goldes durch Analyse zu bestimmen. Nach dem Vorgange von Faraday wird nun das zu untersuchende Glas mit Goldlösung von bekanntem Prozentgehalt kolorimetrisch verglichen und angenommen, daß bei gleicher Farbe der durch Lösung und Glas hindurchgegangenen Lichtbündel die im Strahlungsbereich befindliche Menge färbenden Goldes gleich sei.

3. Die Verf. untersuchten eine Serie von 11 verschiedenen Goldrubingläsern; die *Teilchengröfse liegt zwischen 600 $\mu\mu$ und 5 $\mu\mu$, also zwischen 600 und 5 milliontel Millimeter.* Die Gläser mit den gröberen Teilchen waren farblos, die Gläser mit Teilchen unter 100 $\mu\mu$ im durchfallenden Lichte rot, bisweilen blau gefärbt. Die Goldteilchen in den wäßrigen Lösungen sind in lebhafter, pendelartiger Bewegung begriffen. Vielleicht gelingt es nach der Methode der Verf., außer kolloidalen Goldteilchen noch andere große Molekülkomplexe (z. B. Eiweiß, Kartoffelstärke) sichtbar zu machen und zu messen. Dadurch dürfte unsere Kenntnis nicht nur von der Natur der Lösungen, sondern auch vom Bau der Materie eine wesentliche Bereicherung erfahren. *Ms.*

Die Blendenstellung bei zentrierten optischen Systemen endlicher Öffnung.

Von A. Gleichen. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 193. 1903.*

Der Verf. beschäftigt sich mit den meridionalen Büscheln endlicher Öffnung. Er sagt: „Von besonderem Interesse ist derjenige Punkt der Kaustik, in welchem sich drei einander unendlich nahe Strahlen schneiden, welcher auch als Spitze oder komafreier Punkt der Kaustik bezeichnet werden kann. Dieser Punkt wird mit dem meisten Recht als Bildpunkt des Objektpunktes P_1 aufzufassen sein. Besonders wichtig ist die Beantwortung der Frage: Welcher von P_1 ausgehende Strahl ist nach der Brechung durch das System der Träger dieser Spitze, d. h. geht durch diese Spitze hindurch.“ Der Ort, wo dieser Strahl auf der Objektseite die Systemachse schneidet, vom Verf. der Mittelpunkt der „natürlichen Blende“ genannt, ist für verschiedene Neigungen des Strahls verschieden, die Blende „wandert“. Um nun die Lage des meridionalen, ja auch des sagittalen Bildpunktes zu finden, soll man die die Mitte der natürlichen Blende durchsetzenden Strahlen als Träger unendlich dünner Büschel ansehen. Wenn die Bestimmung des Mittelpunktes der natürlichen Blende für endliche Strahlneigungen zu große mathematische Schwierigkeiten bietet, soll man sich damit begnügen, den für unendlich kleine Neigungen gefundenen Blendenort auch für endliche beizubehalten. In diesem Falle würde das vom Verf. vorgeschlagene Verfahren mit dem bisher üblichen, wo die durch die Mitte der Aperturblende gehenden Hauptstrahlen als Träger der unendlich dünnen Büschel gewählt werden, übereinstimmen, da man bei Systemen von beträchtlicherer Öffnung die zwei Aplanasiebedingungen erfüllt und damit Komafreiheit für unendlich kleine Hauptstrahlneigungen erhält. Wenn der Verf. sagt, daß das gebräuchliche Verfahren eine unendlich enge Blende voraussetzt, so wird das niemand vom theoretischen Standpunkt bestreiten. Der Praktiker wird aber sagen, die Blende kann so weit geöffnet werden, als die Aberrationen noch unmerklich bleiben; dabei kann sich aber der Bildpunkt nicht mehr verschieben, als um den Betrag der Aberrationen selbst. Wenn die Spitze der Kaustik nicht bloß, wie der Verf. will, den Bildpunkt repräsentieren soll, sondern wirklich an ihrem Ort ein praktisch brauchbarer Bildpunkt entstehen soll, so wird man an dem Ort der natürlichen Blende eine reale enge Blende aufstellen müssen. Ob man sagt, die reale Blende soll bei einer bestimmten Hauptstrahlneigung die natürliche sein, oder es soll für diese Neigung das meridionale Büschel bei enger Blende komafrei sein, bedeutet ganz dasselbe, wenn das meridionale Büschel endlicher Öffnung nur einen komafreien Punkt hat, wie der Verf. anzunehmen scheint. Tatsächlich kann es aber mehrere Punkte dieser Art besitzen, dann gehören zu einer Hauptstrahlneigung mehrere natürliche Blenden. Für unendlich kleine Hauptstrahlneigungen gibt es freilich, bei Büscheln von so kleiner Öffnung, daß nur die Glieder dritter Ordnung in Betracht kommen, eine einzige natürliche Blende, für deren Ort der Verf. am Schluß der Arbeit einen mathematischen Ausdruck ableitet. Einen noch etwas eleganteren Ausdruck findet man bei L. Seidel (*Astron. Nachr. Nr. 1027 bis 1029. 1856*).

A. K.

Meßband zum Einstellen der Projektionsokulare.

Von A. Köhler. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie* **18.** *S. 273. 1901/1902.*

Die Einstellung der optischen Systeme der mikrophotographischen Apparate geschieht in der Weise, daß man erstens das vom Mikroskopobjektiv entworfene Bild des Objektes scharf in die Ebene der Okularblende einstellt, wie beim gewöhnlichen Mikroskopieren, und daß man zweitens den Kopf des Projektionsokulars gegen die Okularblende soweit verschiebt, bis die Blende scharf auf der Mattscheibe abgebildet wird. Ist dies beides sorgfältig geschehen, so erscheint das Bild scharf auf der Mattscheibe.

Die Einstellung des vom Okular entworfenen Bildes der Okularblende auf die Mattscheibe ist im allgemeinen zeitraubend und erfordert einen größeren Hülfsschirm an Stelle der Mattscheibe, wenn der Kameraauszug so lang ist, daß das Bild der Okularblende größer als die Mattscheibe wird. Es ist deshalb erwünscht, diese Einstellung mechanisch machen zu können. Dies wird ermöglicht durch folgende Einrichtung, die der Verfasser für die mikrophotographischen Apparate der optischen Werkstätte von C. Zeiss in Jena getroffen hat.

Auf der Teilungsfläche des Projektionsokulars befindet sich eine kreisförmige Skale mit den Teilstrichen 0; $^1/_2$; 1; $1^1/_2$ u. s. f. bis n (z. B. $n=9$ für das Zeisssche Projektionsokular Nr. 2), gegen die sich bei Variation der Entfernung zwischen Okularkopf und Okularblende eine Marke verschiebt. Die Stellung der Marke gibt in Millimeter den jeweiligen Abstand x zwischen Okularblendenebene und der Brennebene des Systems im Okularkopf an. Für die Werte $x = 9^1/_2$; $8^3/_4$; $8^1/_4$ u. s. f. bis $^1/_4$ sind die Abstände A berechnet, in denen, von der Okularteilungsfläche aus gemessen, die Okularlinse ein scharfes Bild der Blendenebene entwirft. Diese Abstände A sind auf einem Bandmaße von einem Anfangsstriche an aufgetragen und durch Teilstriche markiert; die entstandenen Intervalle (nicht die Teilstriche selbst) des so entstandenen Meßbandes sind mit den Zahlen 9; $8^1/_2$; 8 u. s. f. bis $^1/_2$ bezeichnet.

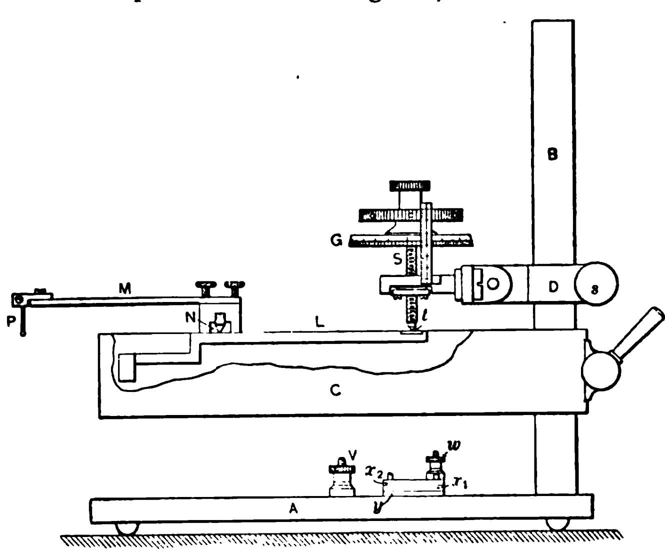
Die Einstellung hat jetzt folgenden einfachen Verlauf: Man bringt die Mattscheibe in die Entfernung vom Okular, die die gewünschte Vergrößerung verlangt, spannt das Meßband ungefähr parallel zur Systemachse so, daß der Anfangsstrich in die Mattscheibenebene fällt, liest das Intervall des Meßbandes, z. B. $5^1/_2$, ab, in das die Ebene der Okularstirnfläche fällt, und stellt die Marke an der Okularteilung auf Teilstrich $5^1/_2$ ein; dann wird die Blendenebene annähernd scharf auf der Mattscheibe abgebildet. Es ist leicht einzusehen, daß der erzielte Wert x (s. o.) von dem eigentlich erforderlichen um höchstens $^1/_4$ *mm* verschieden sein kann. Wenn also das vom Mikroskopobjektiv und Kollektiv entworfene primäre Bild des Objektes in die Okularblendenebene eingestellt ist, so entwirft die Okularlinse das sekundäre scharfe Bild auch im ungünstigsten Falle so nahe der Mattscheibe, daß zur scharfen Abbildung auf der Mattscheibe selbst eine geringe Feinverstellung am Mikroskop genügt.

Wa.

Elektrisches Mikrometer für Laboratoriumsmessungen.

Von P. E. Shaw. *Phys. Rev.* **16.** *S. 140. 1903.*

An der auf der Grundplatte A befestigten vertikalen Führungsstange B ist mittels der Schraube s der Schlitten D festgeklemmt (vgl. die Figur). Mit diesem Schlitten ist durch ein Universalgelenk eine Mikrometerschraube S verbunden, deren Ganghöhe 0,5 *mm* beträgt. Der Schraubenkopf G ist in 500 Teile geteilt, sodaß 1 Teilstrich einer Verschiebung von 1 μ entspricht. Zur Messung der Dicke einer Platte wird der Schlitten C abgenommen und die betreffende Platte zwischen zwei durchaus ebene, gut polierte Stahlplatten x_1 x_2 gelegt, die ihrerseits auf einer Hartgummiplatte y liegen. Nun werden die freien Enden eines Stromkreises, enthaltend einen Akkumulator, einen Widerstand und ein Telephon, mit den Klemmschrauben V und w verbunden. Die Schraube S wird heruntergeschraubt, bis ein knackender Ton die Berührung der Schraubenspitze t mit x_2 erkennen läßt (vgl. auch *diese Zeitschr.* **21.** *S. 123. 1901*); die Einstellungsgenauigkeit beträgt etwa 0,5 μ. Die Einstellung wird wiederholt, nachdem die zu messende Platte entfernt ist. Das Meßbereich reicht von 1 bis zu 40 000 μ.



Für manche Zwecke ist die Benutzung des Tischchens C bequemer. Dasselbe trägt einen Hebel ML, der auf der Schneide N ruht; ein Gegengewicht drückt ihn stets gegen die Mikrometerschraube S. Die Spitze P am Ende des Hebels M soll mit N und t in einer Ebene liegen, damit bei der Einstellung keine Tangentialverschiebungen entstehen. Die

Stellung, bei welcher der Stift P den zu untersuchenden Gegenstand berührt, wird ebenfalls durch einen Strom im Telephon erkannt. Letzterer soll nicht stärker als $^1/_{5000}$ Amp. sein.

Shaw benutzt seine Methode zur Bestimmung von Elastizitätskoeffizienten durch Ausdehnung, Biegung und Torsion, von Ausdehnungskoeffizienten fester Körper, zu mikroskopischen Messungen (Gitterkonstante, Kapillare) und zur Bestimmung von Wellenlängen des Lichtes (Newtonsche Ringe). *E. O.*

Einfacher Oszillograph.

Von A. Wehnelt. *Verhandl. d. Deutsch. physikal. Gesellsch.* **5.** *S. 178. 1903.*

Wehnelt hat einen einfachen bifilaren Oszillographen (vgl. *diese Zeitschr.* **21.** *S. 239. 1901)* konstruiert, der vornehmlich für Demonstrationszwecke bestimmt ist. Zwischen den Polen eines auf der Grundplatte A befestigten Elektromagnetes ist eine straff gespannte Drahtschleife aus hart gezogenem Silberdraht ausgespannt. Der Abstand der beiden die bifilare Schleife bildenden Drähte beträgt 2 bis 3 *mm*. Ein kleiner Spiegel aus dünnem Glase ist zwischen die Drähte geklemmt. Eine Schraube erlaubt die Spannung der beiden Drähte zu verändern. Um gleichzeitig zwei Kurven (z. B. Strom- und Spannungskurve) aufnehmen zu können, sind zwei einander gleiche Oszillographen O_1 und O_2 an einem Stativ leicht verstellbar befestigt (s. d. Figur). Die Bewegungen der Spiegel werden mittels Linsen und rotierender Spiegel auf einen Schirm projiziert. Bei 2 *m* Schirmabstand und 0,5 Amp. wurden auf dem Schirm Amplituden bis zu 100 *cm* erhalten. Die Eigenperiode der Systeme beträgt etwa 330 Schwingungen pro Sekunde, sodaß der Apparat nur für niedrige Periodenzahlen brauchbar ist. *E. O.*



Über ein störungsfreies Torsionsmagnetometer.

Von F. Kohlrausch und L. Holborn. *Ann. d. Physik* **10.** *S. 287. 1903.*

Durch die Einführung elektrischer Straßenbahnen mit Schienenrückleitung wird infolge der vagabundierenden Ströme die Benutzung des gewöhnlichen Magnetometers zu feineren Messungen in einem Umkreise von mehreren Kilometer so gut wie ausgeschlossen, und doch ist dies Instrument für absolute magnetische Messungen schlechterdings nicht zu entbehren. Den Verf. ist es gelungen, dies wichtige Hülfsmittel auch unter den augenblicklichen schwierigen Verhältnissen der Wissenschaft zu erhalten, vorausgesetzt, daß die magnetischen Störungen innerhalb einer Höhe von etwa 1,5 *m* gleichmäßig verlaufen, eine Bedingung, die wenigstens in einem großen Teile des Störungsgebietes erfüllt sein wird.

Das Instrument besteht im wesentlichen aus einem astatischen Nadelpaar, das verschiebbar an einem etwa 3 *mm* dicken Messingdraht angeordnet ist, und wird an der Zimmerdecke mittels eines nachwirkungsfreien, etwa 2 *m* langen und 0,2 *mm* dicken Drahtes aus Platiniridium (30 %, Iridium) aufgehängt, welcher die Richtkraft liefert. Der Abstand der Nadeln wird einerseits bedingt durch den notwendigen Abstand des ablenkenden Körpers,

welcher der Hauptsache nach nur auf die untere Nadel einwirken soll, andrerseits beschränkt durch die Ungleichmäßigkeit des magnetischen Feldes; er wird also im allgemeinen etwa zwischen 1 und 2 *m* variieren. Die beiden Magnetnadeln, zylindrische Stäbchen von 6 *cm* Länge und 7 *mm* Durchmesser, werden aus derselben Stahlstange geschnitten, gehärtet und nach dem Verfahren von Strouhal und Barus magnetisiert; ihre Momente differierten im vorliegenden Falle nur um etwa 0,2 %. Nach der Zusammensetzung wird das astatische System zunächst an einem sehr dünnen Draht aufgehängt und der eine Magnet unter Benützung eines mit der Hülse desselben verbundenen Teilkreises so gegen den anderen gedreht, daß die Richtkraft des Feldes ein Minimum wird, was sich durch Schwingungsbeobachtungen leicht kontrollieren läßt. Sodann wird der Hülfsdraht durch den dickeren, definitiven Aufhängedraht ersetzt, von dessen Durchmesser natürlich die Empfindlichkeit, aber auch die Konstanz der Ruhelage, abhängt. Im allgemeinen wird sich die Empfindlichkeit ungefähr auf der Höhe von derjenigen einer einfachen, im Erdfeld aufgehängten Magnetometernadel halten lassen.

Für die Dämpfung sorgt ein zweiteiliger, die untere Nadel umgebender Kupferrahmen. Gegen Luftströmungen sind alle Teile des Instruments, mit Ausnahme des Aufhängedrahtes, durch Holzkästen geschützt, die von einem Holzstativ getragen werden. Auf diesem ruht außerdem dicht unter der unteren Nadel ein Holzmaßstab, auf welchem ein Schlitten mit dem ablenkenden Magnet bezw. der Stromspule verschoben werden kann, mittels deren man auch die Empfindlichkeitskonstante nach der gewöhnlichen Methode bestimmt.

An sich ist das Instrument infolge der Astasierung in jedem Azimut zu verwenden. Bei der von den Verf. besonders empfohlenen westöstlichen Lage wird allerdings die Empfindlichkeitskonstante durch eventuelle Änderungen in der Gleichheit der Magnete am wenigsten beeinflußt, dagegen ist infolge der unvermeidlichen Temperaturschwankungen in vertikaler Richtung, namentlich in geheizten Räumen, die Nulllage sehr variabel. Es dürfte daher nach den Erfahrungen des Ref. die Nord-Süd-Richtung entschieden vorzuziehen sein, die auch nach den zahlreichen Messungen der Verf. recht konstante Resultate gibt.

Erfolgen die Ablenkungen aus der ersten Hauptlage, dann bleiben bei mäßiger Entfernung a des Magnets von der unteren Nadel die auf die Hülfsnadel ausgeübten Horizontalkräfte stets klein. Die Wirkung ist überhaupt Null für $\frac{a}{h} = \sqrt{0,5}$, wenn h den Nadelabstand bezeichnet; in geringerer Entfernung erreicht die notwendige Korrektion im Maximum den Wert 1,8 %, bei größerem Abstand wächst diese Korrektion natürlich mit zunehmender Entfernung; man kann aber in jedem Falle das Verhältnis a/h so wählen, daß das Korrektionsglied, für welches die Verf. eine ausführliche Tabelle beigegeben haben, 2 % nicht übersteigt.

Die Temperaturänderungen des magnetischen Moments und des Elastizitätsmoduls des Aufhängedrahtes kompensieren sich zum Teil und brauchen nicht gesondert bestimmt zu werden, wenn man die Empfindlichkeit des ganzen Instruments durch eine Ablenkungsspule ermittelt. Für die Korrektionen wegen der Dimensionen der Ablenkungsmagnete und der Nadeln sind bequeme Formeln angegeben.

Die Unveränderlichkeit des Instruments ist durch Beobachtungen über ³/₄ Jahre geprüft worden. Die einzelnen Beobachtungswerte innerhalb einer Serie stimmen bis auf etwa 0,1 % genau überein, dasselbe gilt für die Mittelwerte mehrerer Tage, an denen die Temperatur erheblich differierte. *Glch.*

Neu erschienene Bücher.

H. Löschner, Genauigkeitsuntersuchungen für Längenmessungen. Mit besonderer Berücksichtigung einer neuen Vorrichtung für Präzisions-Stahlbandmessung. Dissertation. gr. 8°. 56 S. mit 15 Abb. Hannover, Gebr. Jänecke 1902. 1,60 M.

Die Abhandlung bespricht ausführlich die Fehler der Stahlbandmessung auf Grund neuer Reihen von Versuchsmessungen, während für Lattenmessung nichts Neues mitgeteilt

wird. Daß der Verf. die Bandmessung der Lattenmessung vollständig ebenbürtig findet, verdankt er einer neuen Spann- und Anreihevorrichtung für die Meßbandlagen und seine Mitteilungen hierüber sind im Sinn dieser Zeitschrift der wichtigste Teil der vorliegenden Schrift.

Die Spannvorrichtung besteht aus einer Anlege- und einer Zugmeßvorrichtung; jene gestattet genaues Anlegen des Nullpunkts des Bandes am Anfangspunkt der zu messenden Strecke, diese die Feststellung des im Band vorhandenen Zuges durch eine Zeigerzugwage und ebenso die Herstellung einer während einer Messung gleichbleibenden, beliebig zu wählenden Spannung ($< 10\,kg$). Die Vorrichtungen ruhen auf 7 *kg* schweren Platten, auf die ein Arbeiter gestellt werden muß.

Die Anreihevorrichtung besteht aus einer mit Blei ausgefüllten Eisenplatte und einem mittels Feinstellschraube verschiebbaren Markenzeiger.

Die Vorrichtung ist in Österreich patentiert (Österr. Pat. Nr. 5782) und wird von R. & A. Rost in Wien hergestellt, den Vertrieb für Deutschland haben F. W. Breithaupt & Sohn in Cassel.

Nach den bereits gemachten Andeutungen gestatten die neuen Spann- und Anreihemittel die Bandmessung sehr zu verfeinern in ähnlicher Weise, wie es andere Vorrichtungen dieser Art tun (vgl. den feinen Zugmesser von Oberst Deinert in Chile, *Zeitschr. f. Vermess.* ***30.*** *S. 277.* ***1901*** neben gröbern Zugmessern aller Art, ferner die Meßbandanreihevorrichtung von Obergeometer Steiner in Prag, von mir in *dieser Zeitschr.* ***18.*** *S. 21.* ***1898*** besprochen). Aber der ganze Meßbandapparat wird damit auch wesentlich mühsamer zu handhaben, als er ohne die neuen Vorrichtungen ist, und ein Teil der Vorzüge, die er bei Verwendung einfach an zwei Bandstöcken ohne Zugmesser u. s. f. hat, geht verloren, man braucht mehr Personal, die Messung geht langsamer; eine gerechte Vergleichung zwischen der neuen Art von Bandmessung und der Lattenmessung hätte nicht nur auf die Genauigkeit, sondern auch auf den Zeitaufwand und auf die Gesamtkosten Rücksicht zu nehmen.

Was die Genauigkeit allein angeht, so findet der Verf. unter Zugrundlegung der bekannten Gleichung

$$m^2 = \frac{1}{2n}\left[\frac{d^2}{L}\right],$$

in der n die Anzahl der gemachten Versuchs-Doppelmessungen, $d_1, d_2, \ldots d_n$ die Differenzen der beiden Messungen der 1., 2., ... n. Strecke und $L_1, L_2, \ldots L_n$ die Längen dieser Strecken, endlich m den m. F. pro Meter einmaliger Messung bedeuten:

$m = \pm 0{,}30\,mm$	$m = \pm 0{,}20\,mm$
für Messung auf Kiesweg,	für Messung auf Asphaltbelag.

Aus einer weitern Beobachtungsreihe, in der nur der Anreiheapparat, aber nicht der Spannapparat angewandt wurde (zwei Gehülfen führten das Meßband in freier Hand und es wurde nach dem Gefühl derselbe Zug hergestellt; der Verf. besorgte das Anreihen der Bänder) findet sich

$$m = \pm 0{,}24\,mm$$

für die einmalige Messung pro Meter. Dabei lag die Messung auf günstigem Boden.

Es ist also in der Tat kein Genauigkeitsunterschied mehr vorhanden zwischen dieser Art der Bandmessung und sorgfältiger Lattenmessung ($m = \pm 0{,}2$ bis $\pm 0{,}5\,mm$ pro Meter).

Der letzte, ziemlich umfangreiche Abschnitt der Schrift ist der Fehlerdiskussion gewidmet, wobei der Verf. verschiedene Formen des Fehlergesetzes versucht: 1. $m = \mu\sqrt{L}$; 2. $m = \alpha + \beta L$; 3. $m = \alpha L + \beta\sqrt{L}$; 4. $m^2 = \alpha L + \beta L^2$; 5. $m = a L + b$ (mit nachfolgender Kurve $m^2 = \alpha L + \beta$); 6. $m = a L + b$ (mit Kurve $m = \alpha\sqrt{L} + \beta$). Von diesen Formen eignet sich jedenfalls das oft gewählte „Quadratwurzelfehlergesetz“ 1. nicht besonders gut zur Darstellung der Messungsergebnisse; für Strecken von der Länge von *Polygonseiten*, im Mittel etwa 120 bis 150 m, ist die einfache lineare Form $m = \alpha + \beta L$ jedenfalls vollständig ausreichend, wenn sie auch für *lange* Strecken (z. B. bis 600 oder 1000 m) und ebenso für ganz kurze Entfernungen nicht mehr ausreichend erscheint. Auch die in Österreich, Württemberg

u. s. f. übliche Form $m = \alpha L + \beta \sqrt{L}$ gibt guten Anschluß an die Beobachtungen, bessern als die in Preußen übliche Form $m^2 = a L + b L^2$. Übrigens zeigt ein Blick auf die graphische Darstellung der beobachteten Größen m, daß sich sehr verschiedene Formen des „Fehlergesetzes“ oder besser Fehlerausdrucks so ziemlich mit demselben Recht gebrauchen lassen und daß überall auf verhältnismäßig lange Abszissenunterschiede (Unterschiede der L) eine *Gerade* als Ausgleichung genügt. *Hammer.*

F. Croy, Lehrbuch d. niederen Geodäsie. gr. 8°. XXIV, 728 S. m. Abbildgn. u. 3 Taf. Leipa, J. Künstner 1903. Geb. in Halbfrz. 18,00 M.

W. Miller, Die Vermessungskunde. Ein Taschenbuch f. Schule u. Praxis. 2. Aufl. 8°. IX, 174 S. m. 117 Abbildgn. Hannover, Gebr. Jänecke 1903. Geb. in Leinw. 3,00 M.

Publikationen des astrophysikal. Observatoriums Königstuhl-Heidelberg (astrophysikal. Abteilg. der großh. bad. Sternwarte). Hrsg. v. Dr. Max Wolf. 1. Bd. gr. 4°. IV, 192 S. mit Fig. u. 4 Taf. Karlsruhe, G. Braunsche Hofbuchdr. 1902. 20,00 M.

Sammlung Schubert. XXXIX. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw.

XXXIX. W. Voigt, Thermodynamik. 1. Bd. Einleitg.: Thermometrie, Kalorimetrie, Wärmeleitg. — 1. Tl.: Thermisch-mechan. Umsetzgn. XV, 360 S. m. 43 Fig. 1903. 10,00 M.

B. Weinstein, Thermodynamik u. Kinetik der Körper. 2. Bd. Absolute Temperatur. — Die Flüssigkeiten. — Die festen Körper. — Thermodynamische Statik u. Kinetik. — Die (nicht verdünnten) Lösungen. gr. 8°. XVIII, 586 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 16,00 M.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 20 u. 21. 8°. Leipzig, W. Engelmann. Kart.

20. Ch. Huygens, Abhandlung üb. das Licht. Worin die Ursachen der Vorgänge bei seiner Zurückwerfg. u. Brechg. u. besonders bei der eigentüml. Brechg. des isländ. Spathes dargelegt sind. (1678). Hrsg. v. E. Lommel. In 2. Aufl. durchgesehen u. berichtigt von A. J. v. Oettingen. 115 S. m. 57 Fig. 1903. 2,00 M. — 21. W. Hittorf, Über die Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse (1853—1859). 1. Tl. Mit 1 Taf. Hrsg. v. W. Ostwald, 2., erweit. Aufl. 115 S. 1903. 1,60 M.

J. Herzog u. Cl. Feldmann, Die Berechnung elektr. Leitungsnetze in Theorie u. Praxis. 2. Aufl. in 2 Tln. 1. Tl. Strom- u. Spannungsverteilg. in Netzen. gr. 8°. IX, 402 S. m. 269 Abbildgn. Berlin, J. Springer 1903. Geb. in Leinw. 12,00 M.

A. A. Michelson, *Light Waves and their Uses.* 4°. 164 S. m. 3 farb. Taf. u. 108 Fig. Chicago (*Decenn. Public. Univers.*) 1903. Geb. in Leinw. 10,00 M.

J. Richard, *Sur la surface des ondes de Fresnel. Analogies entre les équations algébriques et les équations différentielles linéaires.* 4°. Châteauroux 1901. 4,00 M.

J. Rodet, *Distribution de l'énergie par Courants polyphasés.* 2. Ausg. gr. 8°. IX, 561 S. m. 218 Fig. Paris 1903. 12,50 M.

H. Danneel, Spezielle Elektrochemie. 1. Tl. Elemente u. anorgan. Verbindgn. 2. Lfg. gr. 8°. S. 81—160. Halle, W. Knapp 1903. 3,00 M.

H. v. Helmholtz, Vorlesungen üb. theoretische Physik. Hrsg. v. A. König, O. Krigar-Menzel, F. Richarz, C. Runge. I. Bd. 1. Abt. lex. 8°. Leipzig, J. A. Barth.

I, 1. Einleitg. z. den Vorlesgn. üb. theoret. Physik. Hrsg. v. A. König u. C. Runge. VII, 50 S. m. 4 Fig. u. 1 Portr. 1903. 3,00 M.; geb. in Leinw. 4,50 M.

E. J. Andrews u. H. N. Howland, *Elements of Physics.* 8°. Mit Illustr. London 1903. Geb. in Leinw. 6,30 M.

T. H. Blakesley, *Geometrical Optics. Elementary treatise upon the Theory and its practical application to the more exact Measurement of Optical Properties.* 8°. 128 S. m. 33 Kurven. London 1903. Geb. in Leinw. 3,00 M.

E. H. Crapper, *Electric and Magnetic Circuits.* 8°. 392 S. m. Fig. London 1903. Geb. in Leinw. 10,80 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied,
Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **September 1903.** Neuntes Heft.

Das Drehspulengalvanometer nach Deprez-d'Arsonval im aperiodischen Grenzfall.

Von
W. Jaeger in Charlottenburg.

Die Betrachtungen über schwingende Systeme zeigen, daß die Einstellung eines solchen Systems auf eine neue Ruhelage am schnellsten stattfindet, wenn es sich im Grenzzustand der Aperiodizität befindet, d. h. wenn die Dämpfung des Systems so bemessen wird, daß es gerade keine Schwingungen mehr ausführt[1]). Entfernt man sich von diesem Zustand, so wird die Einstellungsdauer schnell erheblich größer, wie man sich leicht durch den Augenschein überzeugen kann. Wenn man die Dämpfung beliebig zu verändern imstande ist, wird man also, falls nicht andere zwingende Gründe dagegen sprechen, mit Vorteil diesen Grenzzustand herbeiführen. Dies ist bei Galvanometern mit schwingenden Magneten im allgemeinen nicht ausführbar, weil die Dämpfung nicht groß genug ist. Bei den neuerdings sehr in Aufnahme kommenden Drehspulengalvanometern nach Deprez-d'Arsonval dagegen hat man es in der Hand, durch passende Wahl des äußeren Widerstandes die dem aperiodischen Grenzzustand entsprechende Dämpfung herbeizuführen.

Bei diesen Galvanometern tritt noch ein zweiter Grund hinzu, aus dem sich die Wahl des Grenzfalls am meisten empfiehlt[2]).

Die „Voltempfindlichkeit" des Galvanometers, auf die es in den meisten Fällen allein ankommt, wird um so größer, je kleiner der Gesamtschließungskreis der schwingenden Spule ist. Man sucht daher diesen Widerstand so klein zu machen als es die Meßanordnung zuläßt, kann aber nicht unter denjenigen Widerstand heruntergehen, der dem Grenzfall entspricht, da sonst das Galvanometer „kriecht" und daher unbrauchbar wird. Man ist also auch dadurch auf den Grenzfall selbst angewiesen.

In dem aperiodischen Grenzfall nehmen die Schwingungsformeln eine sehr einfache Gestalt an und lassen sich in einer allgemein gültigen, von den Konstanten des betreffenden Instruments unabhängigen Form darstellen. Es ist daher vielleicht von Interesse, die für diesen Fall gültigen Beziehungen, auch wenn sie nichts wesentlich Neues bieten, im Zusammenhang darzustellen und die Folgerungen aus denselben an einigen Beispielen, die für die Anwendung der jetzt gebräuchlichen Drehspulengalvanometer von Wichtigkeit sind, zu erläutern.

Es ist dabei vorteilhaft, zunächst die schwingenden Systeme allgemein zu betrachten und die Spezialisierung auf die Drehspulengalvanometer erst später vorzunehmen.

---

[1]) Vgl. z. B. H. Diesselhorst, *Ann. d. Physik* **9.** *S. 461. 1902.*

[2]) Siehe W. Jaeger, St. Lindeck und H. Diesselhorst, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 33 u. 65. 1903.*

1. Schwingende Systeme im Grenzzustande der Aperiodizität.

Der Winkelausschlag φ eines gedämpft schwingenden Systems zur Zeit t, wenn keine äußere Kraft auf dasselbe wirkt, ist mit den Konstanten des Systems bekanntlich durch die Differentialgleichung

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{p}{K}\frac{d\varphi}{dt} + \frac{D}{K}\varphi = 0$$

verknüpft, wo K das Trägheitsmoment, D die Direktionskraft und p die Dämpfungskonstante bedeutet[1]).

Wenn dasselbe System ohne Dämpfung schwingt ($p = 0$), so ist die (halbe) Schwingungsdauer τ, also die Zeit zwischen zwei entgegengesetzt gerichteten Durchgängen durch die Nulllage, bekanntlich $\tau = \pi\sqrt{K/D}$.

Im Falle des aperiodischen Grenzzustandes ist nun $p^2 = 4\,KD$ und somit $p/K = 2\,\pi/\tau$. Die Größe τ/π hat, wie unten ersichtlich ist, eine einfache Bedeutung für den Grenzfall. Diese Zeit sei mit $\mathfrak{T}$ bezeichnet, sodaß also gilt

$$\mathfrak{T} = \tau/\pi = \sqrt{K/D} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 1)$$

Wählt man diese Zeit als Einheit an Stelle der Sekunde und setzt

$$\vartheta = \frac{t}{\mathfrak{T}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 2)$$

so nimmt die obige Differentialgleichung, wenn man die Konstanten derselben ebenfalls durch $\mathfrak{T}$ ausdrückt, für den Grenzfall ($p = 2\sqrt{KD}$) die einfache und allgemein gültige Form an

$$\frac{d^2\varphi}{d\vartheta^2} + 2\frac{d\varphi}{d\vartheta} + \varphi = 0 \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 3)$$

Hieraus folgt $\varphi = (A + B\,\vartheta)\,e^{-\vartheta}$, wo e die Basis der natürlichen Logarithmen, A und B zwei Konstanten bedeuten, die vom Anfangszustand des Systems abhängen.

Soll zur Zeit $\vartheta = 0$ das System in der Ruhelage sein ($\varphi = 0$) und die Geschwindigkeit desselben $v = d\varphi/dt$ die Größe V (bezogen auf $\mathfrak{T}$ als Zeiteinheit) haben, so ist

$$\varphi = V\,\vartheta\,e^{-\vartheta} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 4)$$

und die Geschwindigkeit

$$v = V(1 - \vartheta)\,e^{-\vartheta}.$$

Aus der letzten Gleichung folgt, daß für $\vartheta = 1$ (oder zur Zeit $t = \mathfrak{T}$) die Geschwindigkeit des Systems Null ist, wenn es zur Zeit $t = 0$ ($\vartheta = 0$) einen Anstoß erhalten hat, der ihm die Geschwindigkeit V erteilte.

Der Ausschlag φ hat für $\vartheta = 1$ ein Maximum und ist

$$\Phi = \frac{V}{e} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 5)$$

Drückt man den Ausschlag des Systems als Bruchteil dieses Maximalausschlags aus und setzt

$$\varphi/\Phi = \omega \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 6)$$

so ist also die allgemeine Schwingungsgleichung

$$\omega = e\,\vartheta\,e^{-\vartheta} = \vartheta\,e^{1-\vartheta} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 7)$$

Der Maximalausschlag ist dann gleich 1 (für $\vartheta = 1$) und die Anfangsgeschwindigkeit (auf $\mathfrak{T}$ bezogen) ist gleich e (= 2,718 . . .). Nach Erreichung des maximalen Wertes geht der Ausschlag asymptotisch auf Null zurück.

---

[1]) Vgl. z. B. F. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. 9. Aufl. S. 450. Dessen Terminologie und Buchstabenbezeichnung wird hier beibehalten.

In der obigen Gleichung für ω, deren Verlauf in Fig. 1 graphisch dargestellt ist, kommen keine Konstanten des betreffenden Instruments und der speziellen Verhältnisse vor; sie gilt also ganz allgemein für jedes schwingende System im aperiodischen Grenzfall und wird durch keine Änderung der Trägheit, Direktionskraft bezw. Empfindlichkeit des betreffenden Instruments beeinflußt. Will man die allgemein gültige Kurve auf einen bestimmten Fall anwenden, so hat man die Sekunde als Zeiteinheit einzuführen, also ϑ mit $\mathfrak{T} = \sqrt{K/D}$ zu multiplizieren. $\mathfrak{T}$ ergibt sich ebenso wie τ einfach aus Schwingungsbeobachtungen bei geringerer Dämpfung (siehe unten).

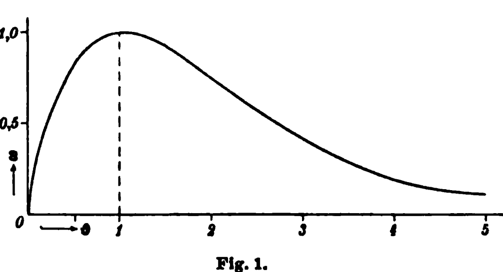


Fig. 1.

Fig. 1 und Gl. 7) enthalten zwei für die Anwendung der Galvanometer wichtige Fälle. Wenn man von $\vartheta = 0$ rechnet, erhält man den Fall des *ballistischen Galvanometers* für den ganzen Verlauf der Schwingung; rechnet man dagegen von $\vartheta = 1$ ($t = \mathfrak{T}$), so entspricht dies dem Fall, daß das Galvanometer einen *definitiven Ausschlag* ω erhält, daß also von $\vartheta = 1$ an eine konstante äußere Kraft auf dasselbe wirkt, die ihm eine neue Ruhelage zu erteilen sucht. Diese Lage kann als erreicht angesehen werden, wenn der Rest nur noch eine zu vernachlässigende Größe ist. Aus Gleichung 7) folgt, daß

$$\omega \text{ oder } \frac{\varphi}{\Phi} = {}^1/_{1000} \quad {}^1/_{5000} \quad {}^1/_{10000}$$

ist für

$$\vartheta \text{ oder } \frac{t}{\mathfrak{T}} = 10{,}3 \quad 12{,}0 \quad 12{,}6.$$

Da $\mathfrak{T} = \tau/\pi$ ist, so heißt das also, wenn die halbe Schwingungsdauer des ungedämpften Systems τ Sekunden beträgt, so geht ein ballistischer Ausschlag auf ein Promille zurück in $\frac{10{,}3\,\tau}{\pi}$ Sekunden oder rund $3\,\tau$ Sekunden u. s. w. Ferner wird von der Ruhelage aus ein definitiver Ausschlag bis auf ein Promille erreicht in $\frac{9{,}3\,\tau}{\pi}$ Sekunden u. s. w. Für das ballistische System folgt weiter, daß die Ausschlagszeit $\mathfrak{T}$ für den maximalen Wert $1/\pi$ der (halben) Schwingungsdauer des ungedämpften Systems beträgt und daß die Zeit, bis der Ausschlag auf ein Promille wieder zurückgeht, etwa das 10-fache dieser Ausschlagszeit ist. Diese Beziehungen sind unabhängig von den Konstanten des Instruments.

Außer den beiden eben behandelten Fällen des „ballistischen Ausschlags“ und „definitiven Ausschlags“ interessiert noch der Fall, daß auf das äußere System eine Kraft wirkt, die sich gleichmäßig mit der Zeit ändert, also proportional ϑ wächst. Die Differentialgleichung im aperiodischen Grenzfall wird dann, wenn a eine Konstante bezeichnet,

$$\frac{d^2\varphi}{d\vartheta^2} + 2\frac{d\varphi}{d\vartheta} + \varphi = a\,\vartheta.$$

Wenn das Galvanometer keine Trägheit hätte, so würde die ablenkende Kraft dem System eine solche Geschwindigkeit erteilen, daß sofort $V = a/D$ wäre; infolge der Trägheit wird aber diese Geschwindigkeit erst nach einiger Zeit erreicht.

Die Bewegung (Ausschlag φ) des Galvanometers ist dann gegeben durch

$$\omega = \frac{\varphi}{V} = \vartheta - 2 + (\vartheta + 2)\,e^{-\vartheta} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 8)$$

Nach einer gewissen Zeit verschwindet das Glied mit der e-Funktion bis auf eine zu vernachlässigende Größe und man hat dann

$$\frac{\varphi}{V} = \vartheta - 2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 9)$$

Es ist also eine dauernde zeitliche Verschiebung zwischen Kraft und System vorhanden, da der Ausschlag des letzteren für größere ϑ von $\vartheta = 2$ anstatt von $\vartheta = 0$ an zu rechnen ist.

Fig. 2 zeigt den Verlauf der wieder ganz allgemein gültigen Formel 8); die punktierte Kurve entspricht dem Fall, daß keine Trägheit vorhanden ist. Nach einer Zeit, die $5\,\vartheta$ entspricht, macht das Glied mit der e-Funktion nur noch etwa 1 Prozent Fehler. Der Ausschlag bleibt schließlich um $2\,V$ hinter demjenigen zurück, den das System ohne Trägheit haben würde, und es erreicht diesen Ausschlag erst um $2\,\mathfrak{T}$ Sek. später. Bei schnell veränderlichen Vorgängen bleibt also ein Galvanometer umsomehr zurück, je größer die Schwingungsdauer des ungedämpften Systems ist. Man wird deshalb diese Schwingungsdauer möglichst klein zu machen suchen, wenn das Galvanometer dem Vorgang möglichst folgen soll (vgl. z. B. die Oszillographen). Obgleich in diesem Fall ein weniger gedämpftes Instrument den Vorzug zu verdienen scheint, ist doch auch hier oft der aperiodische Zustand vorteilhaft, weil andernfalls Schwingungen auftreten, die die Beobachtung im Anfang der Bewegung der Galvanometerspule stören.

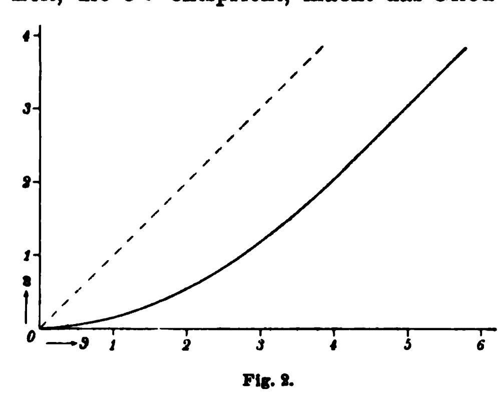


Fig. 2.

2. Anwendung auf die Drehspulengalvanometer.

Die Dämpfung setzt sich bei den Galvanometern zusammen aus der Dämpfung infolge der Reibung des schwingenden Systems in der Luft (ev. auch in einer dämpfenden Flüssigkeit) und aus der Kraft, welche durch die Schwingungen des Systems und die dadurch induzierten Ströme hervorgerufen wird. Diese Kraft ist der jeweiligen Geschwindigkeit proportional und ist um so kleiner, je größer der Widerstand des Schließungskreises ist.

Bedeutet H die als homogen angenommene Feldstärke am Ort der Spule und f die Windungsfläche derselben, so ist das auf die Spule ausgeübte Drehmoment, wenn sie vom Strom 1 *C.G.S.* (= 10 Amp.) durchflossen wird,

$$q = Hf;$$

q ist die sogenannte „dynamische Galvanometerkonstante". Hat die Spule die Winkelgeschwindigkeit v, so ist $q \cdot \frac{q}{w} \cdot v$ das der Bewegung entgegenwirkende Drehmoment. Wenn die Spule offen ist, so ist mitunter trotzdem noch eine elektromagnetische Dämpfung vorhanden durch die Wirbelströme, die im Rahmen der Spule erzeugt werden. Bei den Drehspulengalvanometern der Firma Siemens & Halske A.-G. z. B. ist der Rahmen aufgeschnitten und durch einen Widerstand geschlossen, sodaß auch die Dämpfung im offenen Galvanometerkreis passend gewählt werden kann. Bei anderen Galvanometertypen sind z. T. keine Rahmen vorhanden. Die Dämpfungskonstante bei offnem Galvanometerkreis sei mit p_0 bezeichnet; dann ist die gesamte Dämpfung, wenn der Gesamtwiderstand des Schließungskreises w beträgt, nach dem

vorstehenden gleich $\left(p_0 + \frac{q^2}{w}\right) v$, die Dämpfungskonstante p der früheren Formeln ist also

$$p = p_0 + \frac{q^2}{w} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 10)$$

Im aperiodischen Grenzfall ist nach dem früheren

$$p = 2\sqrt{KD} = 2\,K/\mathfrak{T} = 2\,D\,\mathfrak{T} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 11)$$

Andererseits ist die „Stromempfindlichkeit" des Galvanometers definiert durch den „Reduktionsfaktor" C, d. h. die Stromstärke in *C.G.S.*, welche die Ablenkung $\varphi = 1$ (57,3°) hervorruft; diese Größe ist

$$C = \frac{D}{q} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 12)$$

Setzt man dies in Gl. 10) unter Berücksichtigung von Gl. 11) ein und nennt den Widerstand, welcher dem Grenzfall entspricht, W, so ist dieser in *C.G.S.* gegeben durch

$$W = \frac{D}{C^2\left(2\,\mathfrak{T} - \frac{p_0}{D}\right)} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 13)$$

Nennt man ferner die Größen, welche die Voltempfindlichkeit des Instruments bestimmt, C_v (Spannung in *C.G.S.*, welche die Ablenkung $\varphi = 1$ hervorruft), sodaß also $C_v = C\,W$ ist, so erhält man[1])

$$C_v = \frac{q}{2\,\mathfrak{T} - \frac{p_0}{D}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 14)$$

Die Größen C, $\mathfrak{T}$ (bezw. τ) und W sind die für ein Drehspulengalvanometer wesentlichen Bestimmungsstücke und sollten in Katalogen u. s. w. stets angegeben werden. Die Angabe der Stromempfindlichkeit allein kann leicht irre führen, da mit großer Stromempfindlichkeit häufig ein sehr großer Wert von W verbunden ist, sodaß das Galvanometer dann für viele Zwecke unbrauchbar wird. Diese drei Größen stehen in dem oben angegebenen Zusammenhang mit den anderen Konstanten des Instruments. Auf die Schlüsse, welche sich hieraus für die Konstruktion der Galvanometer ergeben würden, soll hier nicht weiter eingegangen werden.

Für die Brauchbarkeit eines Galvanometers kommt aber außer den erwähnten Bestimmungsstücken noch die Sicherheit der Nulllage hinzu. Bei den Drehspulengalvanometern ist die Beeinflussung durch äußere magnetische Kräfte fast Null und es sind nur mechanische Erschütterungen für die Ruhelage in Betracht zu ziehen. Häufig ist es deshalb vorteilhaft, die Instrumente davor durch Aufhängen zu schützen. Auch die elastische Nachwirkung des Aufhängedrahtes der Spule nach einem Ausschlag des Galvanometers kommt für die Sicherheit der Ablesung in Betracht.

Es sind dies alles Momente, welche erst das ausmachen, was man unter der Empfindlichkeit eines Galvanometers eigentlich versteht, d. h. die kleinste Ablenkung, welche noch mit Sicherheit angegeben werden kann.

---

[1]) Aus diesen Gleichungen ergeben sich einfache Beziehungen zur Umrechnung der Galvanometertypen auf solche von anderem Gesamtwiderstand und anderer Schwingungsdauer. Wenn man die Dämpfungskonstante p_0 im offenen Stromkreis gegen q^2/W vernachlässigen kann, so wird

$$C = \sqrt{\frac{D}{2\,\mathfrak{T}\,W}} \qquad C_v = \sqrt{\frac{W\,D}{2\,\mathfrak{T}}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 15)$$

Hierzu kommen dann noch die Bedingungen

$$K = D\,\mathfrak{T}^2 \quad \text{und} \quad q = \sqrt{2\,W\,D\,\mathfrak{T}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 16)$$

Über den *Gesamtwiderstand W im aperiodischen Grenzfall* (Grenzwiderstand) ist noch einiges zu bemerken. Dieser setzt sich zusammen aus dem Widerstand der Spule, des Aufhängedrahts u. s. w. und dem äußeren Widerstand. Gerade auf den verfügbaren äußeren Widerstand kommt es bei der Beurteilung über die Brauchbarkeit von Drehspulengalvanometern für die verschiedenen Meßmethoden an. Der Widerstand der Spule selbst steht in engem Zusammenhang mit der Windungsfläche (also auch der Empfindlichkeit) und dem Trägheitsmoment (also auch der Schwingungsdauer), der Widerstand der Aufhängung und Zuführung wieder mit der Direktionskraft. Der Klemmenwiderstand des Galvanometers ist oft bedeutend größer als der Spulenwiderstand. So wurde z. B. bei Galvanometern von Siemens & Halske bei einem Klemmenwiderstand von 20 Ohm bezw. 120 Ohm ein Spulenwiderstand von $^1/_5$ bezw. $^2/_3$ dieser Widerstände gemessen. Der verfügbare äußere Widerstand betrug im ersteren Fall etwa das Doppelte, im zweiten etwa das Fünffache des Klemmenwiderstandes.

Berechnung von $\mathfrak{T}$, τ, W aus Schwingungsbeobachtungen. Um bei einem Galvanometer die (halbe) Schwingungsdauer τ im ungedämpften Zustand und somit auch die für den Grenzzustand wichtige Größe $\mathfrak{T}$ und den Grenzwiderstand W berechnen zu können, hat man für zwei Gesamtwiderstände w die (halbe) Schwingungsdauer T und das Verhältnis k zweier aufeinander folgenden Schwingungen zu messen. Es ist dann $\Lambda = \log \operatorname{nat} k$ das *logarithmische Dekrement* der Schwingungen. Wählt man den einen Widerstand unendlich (offener Stromkreis) und bezeichnet die entsprechenden Größen mit T_0 und Λ_0, die dem Widerstand w entsprechenden Größen mit T und Λ, so erhält man

$$\tau = \frac{T}{\sqrt{1 + \left(\frac{\Lambda}{\pi}\right)^2}} \quad \text{und} \quad \mathfrak{T} = \frac{T}{\sqrt{\pi^2 + \Lambda^2}} \quad \ldots\ldots \quad 17)$$

ferner

$$W = w \frac{\frac{\Lambda}{T} - \frac{\Lambda_0}{T_0}}{\frac{\sqrt{\pi^2 + \Lambda_0^2}}{T_0} - \frac{\Lambda_0}{T_0}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 18)$$

3. Spezielle Typen von Drehspulengalvanometern bei verschiedenen Meßmethoden.

Es ist vielleicht nützlich, durch einige Beispiele zu erläutern, welche von den zur Zeit vorhandenen Drehspulengalvanometern bei den verschiedenen Meßmethoden am besten zur Anwendung gelangen und welche Genauigkeit mit denselben zu erreichen ist. Zu dem Zweck sollen einige von der Firma Siemens & Halske A.-G. in Berlin gelieferte Galvanometertypen herausgegriffen werden. Die Konstanten dieser Typen variieren zum Teil etwas; doch sind die im folgenden entwickelten Gesichtspunkte leicht auf etwas andere Typen zu übertragen und sollen überhaupt nur einen Anhalt für den Gebrauch dieser Galvanometer gewähren.

Die drei Typen, um die es sich hier handelt, sind im folgenden mit Nr. 1, 2, 3 bezeichnet und werden am besten charakterisiert durch die Grenzwiderstände, die bezw. 60, 700, 10 000 Ohm betragen. Die entsprechenden Stromempfindlichkeiten sind bei 3 *m*[1]) Skalenabstand 100×10^{-10}, 8×10^{-10}, 3×10^{-10} Ampere/Skalenteil.

In der folgenden Zusammenstellung ist außer dem Grenzwiderstande W, der dem

---

[1]) Bei der guten Ruhelage der Instrumente ist ein so großer Skalenabstand zur Erzielung größerer Empfindlichkeit angebracht.

aperiodischen Grenzfall entspricht, noch der verfügbare äußere Widerstand w (W minus Klemmenwiderstand) und der Widerstand w_s der Spule allein angegeben, ferner die (halbe) Schwingungsdauer im ungedämpften Zustand τ, die für den Grenzfall gültige Ausschlagszeit $\mathfrak{T} = \sqrt{K/D}$, sowie die Voltempfindlichkeit ε (Spannung im Stromkreis mit dem Widerstand W, welche bei 3 *m* Skalenabstand einen Ausschlag von 1 *mm*, 34 Winkelsekunden entsprechend, hervorruft).

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
W	60	700	10 000 Ohm
w	40	600	9 700 „
w_s	3,8	75	241 „
τ	3,5	6,0	7,0 Sek.
$\mathfrak{T}$	1,1	1,9	2,2 „
ε	$6{,}0 \times 10^{-7}$	$5{,}6 \times 10^{-7}$	30×10^{-7} Volt/Skt.

Die größere Voltempfindlichkeit bei Nr. 2 bezogen auf denselben Gesamtwiderstand W ist gegen Nr. 1 auf Kosten einer fast doppelt so großen Schwingungsdauer erreicht; die Direktionskraft beträgt bei Nr. 2 etwa nur den vierten Teil von der bei Nr. 1.

Da w den kleinsten äußeren Widerstand bedeutet, der anwendbar ist, ohne die Galvanometer durch zu starke Dämpfung unbrauchbar zu machen, so ist Nr. 3 nur da mit Vorteil zu verwenden, wo im äußeren Stromkreis an und für sich große Widerstände vorhanden sind, wie z. B. bei Isolationsmessungen. Die große Stromempfindlichkeit dieses Galvanometers kann also nur in diesen Fällen ausgenutzt werden.

Das Verhältnis w/W wird kleiner bei kleinen Grenzwiderständen; es ist für Nr. 1 0,67, für Nr. 2 0,86, für Nr. 3 0,97; der Grund ist darin zu suchen, daß bei kleinen Spulenwiderständen verhältnismäßig viel Widerstand im Aufhängedraht und der Zuleitungsspirale vorhanden ist. Es sei gleich bemerkt, daß die nach dem System von Ayrton und Mather konstruierten Galvanometer, wie sie zur Zeit in England hergestellt werden, bei annähernd gleichen Konstanten für W, τ u. s. w. eine etwas größere Voltempfindlichkeit zu haben scheinen.

Doch sind die oben genannten Instrumente in ihrer vorzüglichen Ausführung für viele Messungen vollkommen ausreichend, wie im folgenden an einigen speziellen Fällen noch näher gezeigt werden soll.

a) Ballistische Messungen. Die Verwendung der Drehspulengalvanometer für ballistische Zwecke ist von Hrn. H. Diesselhorst (*a. a. O*) eingehender behandelt worden, und es muß wegen der theoretischen Einzelheiten auf diese Veröffentlichung verwiesen werden. Die größte ballistische Empfindlichkeit wird nach diesen Untersuchungen erreicht für ein Dämpfungsverhältnis $k = 8{,}0$, doch ist im aperiodischen Grenzfall die ballistische Empfindlichkeit nur etwa 5 Proz. kleiner als die maximale Empfindlichkeit, sodaß der Grenzfall wegen der schneller erreichten Ruhelage nach dem Ausschlag auch hier als der günstigste angenommen wird. Für die Ausschlagszeit $\mathfrak{T}$ muß man im Minimum etwa 5 Sekunden verlangen, da sonst die Ablesung unsicher wird. Dann ist nach Gl. 1) *S. 262* $\tau = 5\,\pi = 15{,}7$ Sekunden und das Galvanometer kommt nach Verlauf von weniger als 1 Minute wieder zur Ruhe, sodaß es zu einer neuen Messung bereit ist. Bei den obigen Galvanometertypen muß also für ballistische Messungen die Schwingungsdauer vergrößert werden, was an vorhandenen Instrumenten durch Vermehrung der Trägheit erreicht werden kann. Das Träg-

heitsmoment muß bei Nr. 1 etwa 20-mal so groß werden, um die gewünschte Schwingungsdauer zu erzielen, bei Nr. 2 etwa 7-mal, bei Nr. 3 ungefähr 5-mal so groß. Man kann zu diesem Zweck Gewichte anhängen, die am besten, um ihre Masse möglichst gering zu machen, auf einem Zylindermantel von großem Radius angeordnet werden. Soll bei dieser Änderung der Schwingungsdauer der ursprüngliche Grenzwiderstand W erhalten bleiben, so wird nach Gl. 15) $C_{v'} = C_v/\sqrt{n}$, wo n das Vergrößerungsverhältnis der Schwingungsdauer bedeutet.

Die Anfangsgeschwindigkeit V, welche den Ausschlag $\Phi = 1$ (entsprechend 57,3°) hervorruft, ist nach Gl. 5), auf $\mathfrak{T}$ als Zeiteinheit bezogen, gleich e, also auf die Sekunde bezogen gleich $e/\mathfrak{T}$; für $\mathfrak{T} = 5$ Sek. entspricht dies einer Anfangsgeschwindigkeit von 0,5436 oder von 31° in der Sekunde. Um daraus das Zeitintegral E der elektromotorischen Kraft zu finden, die den Stromstoß hervorruft, hat man zu beachten, daß die Anfangsgeschwindigkeit $e/\mathfrak{T}$ auch gleich $(E/W)\cdot q/K$ ist; dies ist aber, wie man leicht sieht [Gl. 1) u. 12)], gleich $E/WC\mathfrak{T}^2$. Somit ist das Zeitintegral

$$E = e\mathfrak{T}WC \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 19)$$

und zwar in Volt × Sekunden ausgedrückt, wenn C in Ampere und W in Ohm angegeben ist.

Da $e\mathfrak{T}$ in diesem Fall den Wert 13,59 hat, so ist also $E = 13{,}59\ WC$. Versteht man unter WC die oben angegebene Voltempfindlichkeit $C_{v'}$, welche aus der Größe ε der Tabelle *S. 267* durch Division mit $\sqrt{n}$ erhalten wird, so stellt E das Zeitintegral dar, welches einen ballistischen Ausschlag von 1 *mm* bei 3 *m* Skalenabstand hervorruft.

Man erhält dann für

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
$E =$	3,6	4,7	28 Mikrovolt × Sek.[1]

Da die Ruhelage der Galvanometer sehr sicher ist, so kann also bei Nr. 1 und Nr. 2 noch 1 Mikrovolt × Sekunde konstatiert werden bei einem verfügbaren äußeren Widerstand von 40 bezw. 600 Ohm; diese Verhältnisse, die leicht den entsprechenden Versuchen gemäß noch etwas verändert werden können, dürften wohl für die meisten Fälle vollkommen ausreichen. Es sind bereits Versuche in dieser Richtung mit Drehspulengalvanometern bei ballistischen Messungen angestellt worden, die zu befriedigenden Resultaten geführt haben.

b) Messungen mit dem Kompensationsapparat. Bei den Messungen mit dem Kompensationsapparat wird das Galvanometer mit sehr verschiedenen äußeren Widerständen benutzt, die zwischen wenigen Ohm und 10 000 bis 15 000 Ohm liegen. Deshalb erscheint im allgemeinen ein Galvanometer mit mittlerem Widerstand, also etwa vom Typus Nr. 2 am günstigsten. Aus der folgenden Tabelle geht hervor, wie sich die Voltempfindlichkeit bei den drei Typen von Galvanometern gestaltet je nach dem Widerstand w des Kompensationskreises. Für Widerstände, die unterhalb des Grenzwiderstandes W liegen, muß die Voltempfindlichkeit des Grenzzustandes eingeführt werden; dieser Zustand muß dann durch zugefügten Ballastwiderstand hergestellt werden, weil sonst das Galvanometer kriecht.

[1]) Der äußere verfügbare Widerstand w geht dabei etwas zurück, da auch q und somit der Spulenwiderstand w_s um $\sqrt{n}$ zu vergrößern ist, Gl. 16). Bei Einhaltung des ursprünglichen Widerstandes wird dann die ballistische Empfindlichkeit etwas geringer (z. B. für Nr. 1 $E = 4$ Mikrovolt × Sekunde). Noch empfindlichere Instrumente würde man natürlich erhalten, wenn man die Schwingungsdauer nicht durch Anhängung elektromagnetisch unwirksamer Massen vergrößern würde. Dies käme aber dann auf eine neue Konstruktion hinaus, während es sich hier um die Verwendung eines vorhandenen Modells handelt.

Nr.	1	2	3
Grenzwiderstand $W =$	60	700	10 000 Ohm
$w =$ 10 Ohm	6×10^{-7}	$5,6 \times 10^{-7}$	30×10^{-7}
„ = 100 „	10 „	5,6 „	30 „
„ = 1 000 „	100 „	8,0 „	30 „
„ = 10 000 „	1000 „	80 „	30 „

Um die Bedeutung dieser Zahlen für einige vorkommende Fälle zu erläutern, sei zunächst daran erinnert, daß der Kompensationsapparat meist zu absoluten Messungen von Spannungen in der Weise gebraucht wird, daß seine Stromstärke mit einem Normalelement auf einen runden Betrag einreguliert wird. Da die Elemente zur Zeit höchstens auf $^1/_{10000}$ ihrer Spannung bekannt sind, so braucht auch die Empfindlichkeit des Galvanometers nicht größer zu sein, als dieser Genauigkeit entspricht. Es ist also auch Galvanometer Nr. 1 selbst in dem Falle noch ausreichend, daß das Normalelement mit etwa 10 000 Ohm kompensiert ist, besonders da bei der guten Ruhelage der Instrumente erfahrungsgemäß noch ein zehntel Skalenteil mit Sicherheit konstatiert werden kann.

Bei Messungen mit Thermoelementen andererseits handelt es sich meist um geringe Widerstände im Kompensationsapparat, sodaß hier die Anwendung von Galvanometer Nr. 1 angezeigt erscheint. Im günstigsten Fall (60 Ohm Gesamtwiderstand) erhält man bei diesem Typus für 1 Mikrovolt Spannung einen Ausschlag von fast 2 Skalenteilen. Da z. B. für Thermoelemente aus Konstantan-Eisen 1° Temperaturdifferenz etwa 50 Mikrovolt entspricht, so ist diese Genauigkeit, welche noch Bruchteile von $^1/_{1000}{}^0$ zu beobachten gestattet, vollkommen ausreichend. Ähnlich ist es beim Gebrauch von Platinthermometern unter Benutzung des Kompensationsapparates. Wendet man z. B. ein Platinthermometer von 40 Ohm mit einer Stromstärke von 0,001 Amp. an, so entspricht bei dem Galvanometer Nr. 1 ein Ausschlag von 0,1 *mm* nur etwa $^1/_2$ tausendstel Grad, der dann noch mit Sicherheit konstatiert werden kann. Die Anwendung von Nr. 1 beim Kompensationsapparat bietet noch den Vorteil, daß man es bis zu einem äußeren Widerstand von 40 Ohm herab, also in den meisten vorkommenden Fällen ohne Ballastwiderstand, benutzen kann, was bei den beiden andern Typen nicht der Fall ist. Für den Kompensationsapparat eignen sich also Instrumente nach dem Typus von Nr. 1 am besten.

c) Widerstandsmessung in der Brückenanordnung. Für die höchste Präzision bei Widerstandsmessungen muß die Ablesbarkeit von etwa 1 Milliontel des Betrags noch gefordert werden. Bei größeren Widerständen kann die Strombelastung derselben ohne Gefahr leicht so groß gewählt werden, daß die Empfindlichkeit der obigen Typen auf jeden Fall ausreicht. Es kann nur die Frage aufgeworfen werden, ob sie zur Messung auch der kleinsten zur Zeit gebräuchlichen Widerstände, die bis auf $^1/_{10000}$ Ohm und noch geringere Beträge heruntergehen, noch ausreichen, ohne daß eine zu große Belastung notwendig wird. Diese Frage ist bereits erörtert worden (vgl. W. Jaeger, St. Lindeck u. H. Diesselhorst *a. a. O.*) und es hat sich ergeben, daß ein Galvanometer vom Typus Nr. 1 bei einer Belastung des zu messenden kleinen Widerstandes mit etwa 0,1 Volt noch ausreicht, um mindestens bis zu $^1/_{1000}$ Ohm abwärts in der Thomsonschen Brückenanordnung die gewünschte Genauigkeit zu erhalten, wenn die Meßanordnung so getroffen wird, daß der Gesamtwiderstand des Galvanometerkreises etwa 60 Ohm beträgt. Für eine Messung im Verhältnis 1 : 10

entspricht bei der angegebenen Belastung 1 *mm* Ausschlag einer Änderung des Widerstandsverhältnisses von rund 7×10^{-5}. Da man durch Kommutieren des Stromes die doppelte Empfindlichkeit erhält und die Ruhelage des Instruments sehr sicher ist, so reicht diese Genauigkeit vollkommen aus. Für Messungen im Verhältnis 1 : 1 wird die Genauigkeit bei derselben Belastung etwa 5-mal so groß. Bei der Vergleichung zweier zehntausendstel Ohm würde also eine Stromstärke von 50 Ampere eine ausreichende Empfindlichkeit ergeben, um noch eine Genauigkeit von 10^{-5} zu erreichen.

Bei noch kleineren Widerständen würde zur Erreichung der höchsten Präzision eine geringe Steigerung der Empfindlichkeit erwünscht sein; doch kann man sich bei diesen kleinen Beträgen wohl auch mit einer etwas geringeren Genauigkeit begnügen.

4. Zusammenfassung.

Aus den angeführten Beispielen erkennt man, daß das Drehspulengalvanometer in den jetzt vorhandenen Typen für eine große Anzahl von Meßmethoden vollkommen ausreicht; nur in verhältnismäßig wenig Fällen wird eine größere Empfindlichkeit gefordert werden müssen. Es erscheint auch keineswegs ausgeschlossen, daß man mit diesen Galvanometern noch größere Genauigkeit wird erreichen können.

Will man auf andere Galvanometer größerer Empfindlichkeit übergehen, so ist man infolge der Störungen durch die elektrischen Straßenbahnen meist gezwungen, geschützte Galvanometer zu benutzen, wie z. B. das Kugelpanzergalvanometer von du Bois und Rubens. Die Empfindlichkeit desselben ist indessen unter Berücksichtigung aller Umstände nicht so erheblich viel größer, als vielleicht mitunter angenommen wird.

Da der aperiodische Grenzfall so wesentliche Vorteile mit sich bringt, erscheint es angezeigt, die Drehspulengalvanometer auch dann in diesem Zustand zu benutzen, wenn sie mit geringerer Empfindlichkeit gebraucht werden sollen. Dies läßt sich, wie schon öfter gezeigt worden ist (vgl. die Literaturangaben in *Anm. 1 dieser Zeitschr.* **23.** *S. 78.* **1903**), am einfachsten durch einen passenden Nebenschluß erreichen, der zum Galvanometer bezw. zu dem mit geeignetem Ballastwiderstand versehenen Galvanometer gelegt wird.

Zur vollständigen Charakterisierung eines Drehspulengalvanometers gehört, abgesehen von der Güte der Ruhelage, die Angabe seiner Voltempfindlichkeit für den Grenzwiderstand bei gleichzeitiger Angabe des Klemmenwiderstandes und der Schwingungsdauer im ungedämpften Zustand oder der Größen, aus denen sich diese berechnen lassen.

Für die meisten Anwendungen sind Galvanometer von kleinem oder mittlerem Grenzwiderstand am vorteilhaftesten.

Präzisionswage für 25 *kg* Belastung.

Von
Dr. H. Stadthagen in Charlottenburg.

Im Jahre 1901 hat Herr P. Stückrath in Friedenau bei Berlin für die Kaiserliche Normal-Eichungs-Kommission in Charlottenburg eine 25 *kg*-Wage mit selbsttätiger Gewichtsvertauschung geliefert, welche im folgenden beschrieben werden soll, da sie in einigen Punkten gegenüber den älteren Konstruktionen Abweichungen zeigt.

Die schwingenden Teile der Wage sind im wesentlichen aus einem spezifisch leichten Material hergestellt, um bei mäßiger Schwingungsdauer eine relativ hohe

Empfindlichkeit erzielen zu können. Es lag nahe, sich zu diesem Zwecke einer der gut bearbeitungsfähigen neueren Aluminium-Legierungen, in erster Linie etwa des Magnaliums zu bedienen; da aber zur Zeit der Herstellung der Wage die Technik des Magnaliumgusses noch nicht sehr weit vorgeschritten war, wurde auf eine in Frankreich schon länger benutzte Aluminium-Legierung, das *Partinium* zurückgegriffen. Die chemische Zusammensetzung dieses Materials ist nach Untersuchungen[1]), welche in der Normal-Eichungs-Kommission angestellt worden sind, die folgende:

Al 88,5 % Cu 7,4 % Zn 1,7 % Si 1,1 % Fe 1,3 %.

Von Poren und Gußfehlern war die Legierung nicht frei; immerhin genügte sie für den vorliegenden Zweck.

Die Wage mit ihren Nebeneinrichtungen (vgl. die Figur auf *S. 273*) ist auf einem fest fundamentierten und von dem Fußboden des Beobachtungsraumes isolierten Pfeiler, welcher mit einer großen Sandsteinplatte S abgedeckt ist, aufgestellt. Sie steht in einem massiven, auf drei Stellschrauben ruhenden Eisenrahmen E mit achteckigem Glasgehäuse, von dessen acht Einsatzteilen die Hälfte als Türen eingerichtet sind. Mit der Mitte des Bodens dieses Rahmens ist das Wagenstativ St verschraubt; dasselbe ist in seinem oberen, aus Messing bestehenden Teile bei a für den Durchlaß der Arretierungsstreben $A\,A$ seitlich durchbrochen und trägt oben in Messingfassung die Mittelpfanne M. Der die Mittelpfanne bildende starke Achat ist sorgfältig auf allen Seiten eben geschliffen und schwalbenschwanzförmig in das Oberteil des Stativs eingesetzt und eingeschliffen, wobei genau darauf zu achten war, daß sich die obere Planseite des Steins beim Einschieben nicht krümmte.

Der Wagebalken aus Partinium, in welchen die Schneiden aus Stahl fest eingepaßt sind, wird durch die zwei kleinen, in Vertiefungen an seiner Unterseite eingreifenden Stahlspitzen $k\,k$ und durch eine in der Figur nicht sichtbare kleine Strebe, welche die als Zungenhalter ausgebildete Verlängerung der Mittelschneide stützt, in Ruhestellung getragen, die Gehänge in üblicher Weise durch justierbare Säulen PP, deren vordere in einem Loch, deren hintere in einer Nut die in der Fassung der Endschneiden angebrachten Spitzen pp aufnimmt.

Die Fortsätze F dieser Fassung sind mittels Kerben zur Aufnahme der Empfindlichkeits- und Zulagereiter bestimmt. Das Paar Schraubenmuttern S_1 dient zur Veränderung der Empfindlichkeit; die beiden Schraubenmuttern $s_1\,s_1$ haben den Zweck, die Gleichgewichtslage einzustellen. Die beiden Endpfannen, welche in den Gehängen $G\,G$ befestigt sind, bestehen wie die Mittelpfanne aus Achat. Es sei hier eingeschaltet, daß diese beiden Endpfannen wegen der Veränderlichkeit, welche die Masse von Achat bei verschiedenem Luftzustand erfahren kann, vor ihrer Verwendung darauf untersucht wurden, ob ihre Veränderlichkeit bei beiden genügend gleichmäßig verläuft[2]).

In die Gehänge $G\,G$ sind die Wageschalen $W\,W$ eingehakt, welche rostartig ausgebildet sind, um sämtliche in der Wägungspraxis vorkommenden Kombinationen der Gewichtsgrößen 1, 2, 5 und 10 *kg* bis zur Summe von 20 *kg* aufnehmen und ihre Vertauschung von einer auf die andere Seite mittels des ähnlich wie die Schalen gestalteten Transporteurrostes $O\,O$ ermöglichen zu können[3]). Die Stäbe der Schalen

[1]) H. Stadthagen und E. Fischer, Beitrag zur Untersuchung von Magnalium-Legierungen. *Wissensch. Abhandl. d. Kais. Normal-Eichungs-Komm. Heft 4. S. 133. 1903.*

[2]) H. Stadthagen, Über die Veränderlichkeit der Masse von Achat. *Wissensch. Abhandl. d. Kais. Normal-Eichungs-Komm. Heft 4. S. 121. 1903.*

[3]) Siehe *diese Zeitschr.* **20.** *S. 206. 1900.*

sind aus Partinium, die des Transporteurs aus matt vernickeltem Messing gefertigt. Der Transporteur setzt sich außerdem aus dem Führungszylinder *f* und dem Teller *T* zusammen; letzterer ruht bezw. rollt auf 160 Stahlkugeln von 10 *mm* Durchmesser, welche auf einem um den unteren eisernen Teil des Stativs sich lagernden Eisenteller von etwa 53 *cm* Durchmesser in einer nahe am Rande angebrachten Nut aneinander anschließend angeordnet sind.

Die Wageschalen konnten, um Wägungen mit Vertauschung der Gewichtskombinationen zu ermöglichen, nur einseitige Bügel erhalten; sie mußten daher durch die an denselben befestigten regulierbaren Gegengewichte *CC* ausbalanciert werden.

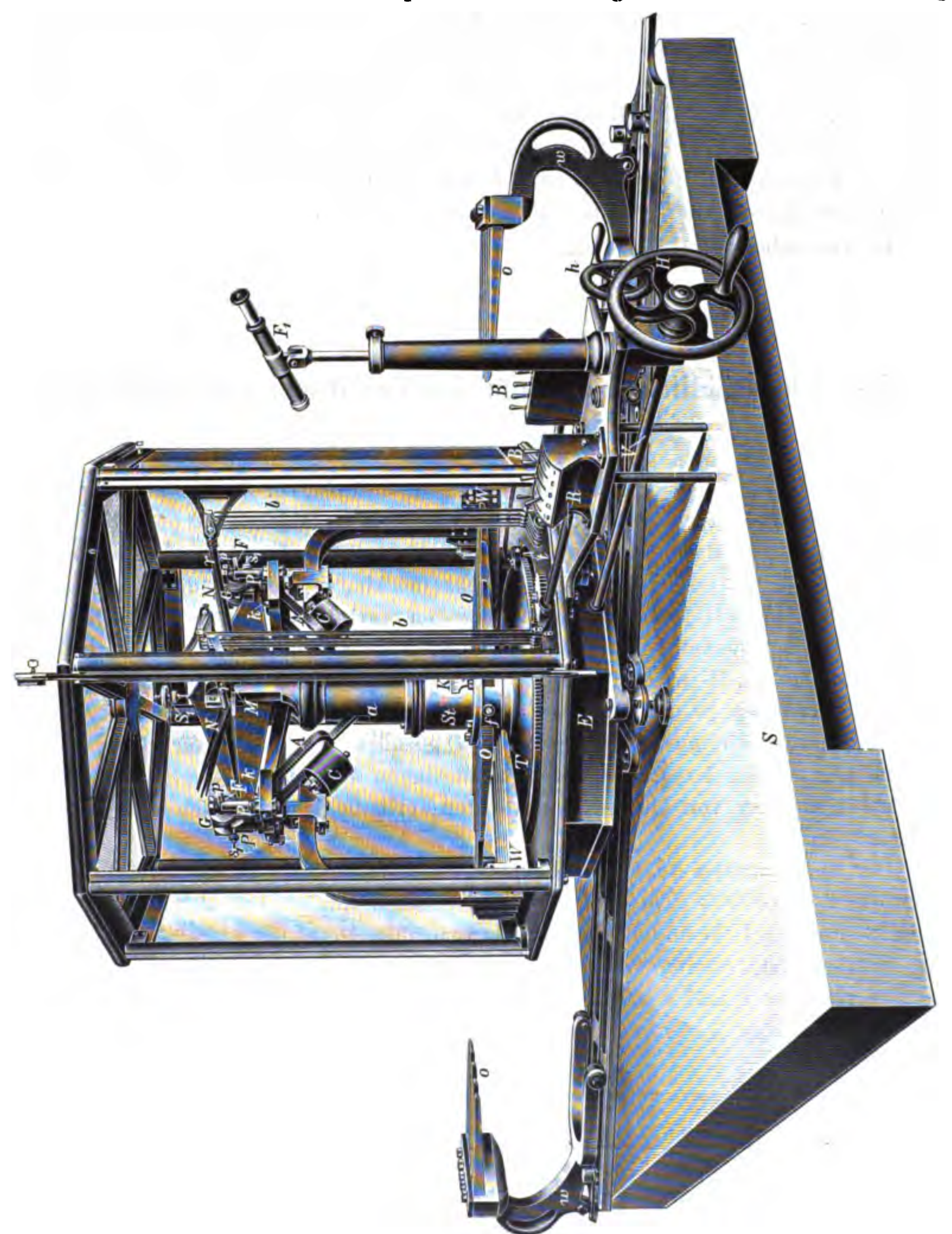
Die Wage kann bei geschlossenem Gehäuse von dem etwa $1^1/_2$ *m* vom Wagebalken entfernt sitzenden Beobachter bedient werden. Die Arretierungswelle *V* mit Handgriff *H* gestattet, den Transporteur mit dem Rost, auf welchem die Gewichte stehen, so weit zu senken, daß sich die Gewichte von den Transporteurstäben auf die Schalenroste aufsetzen; bei weiterer Drehung senkt sich dann auch die eigentliche Wagenarretierung und zwar so, daß sich zuerst die Mittelschneide auf ihre Pfanne und fast gleichzeitig die Endgehänge auf die Endschneiden aufsetzen. Die Senkung und Hebung des Transporteurs und ebenso die der eigentlichen Wagenarretierung erfolgt wegen des zu überwindenden großen Gewichts durch Gleiten eines Keiles, der mittels einer an der Welle *V* sitzenden dreigängigen Schraube hin- und herbewegt werden kann. Auf den schrägen Keilflächen stehen die beweglichen Teile der Arretierung mittels Rollen auf. Eine zweite, gleichfalls vom Beobachtungsplatz aus zu bedienende Achse mit Handgriff *h* vermittelt durch Kegelräder und Zylindertrieb die Umdrehung des Transporteurs um 180° und damit die Vertauschung der Gewichte.

Das Aufsetzen der zur Bestimmung der Empfindlichkeit und zur Ausgleichung kleiner Differenzen dienenden Reiter, welche in den Kombinationen 1, 3, 9, 27, 81 *mg* auf jeder Seite der Wage auf den Nasen *NN* hängen, geschieht durch Bewegung der Hebel *BB*. Jeder von den fünf Hebeln steht in Verbindung mit einer von fünf ineinander liegenden Röhren *RR*, deren Bewegung durch Hebelübertragung mittels der Stangen *bb* oben in der Wage die ineinander gelagerten fünf Röhren *rr* und die an diesen befestigten Nasen *NN* in Tätigkeit setzt.

Die Schwingungen der Wage werden an der Skale *K* durch Beobachtung der Ausschläge der Zunge mit dem Fernrohr F_1 abgelesen.

Um das Aufsetzen und Zentrieren der großen Gewichte zu erleichtern — mit der Wage werden vornehmlich 10 und 20 *kg*-Stücke, sowie Kombinationen gleicher Größe, z. B. 10 + 10 *kg* oder 5 + 2 + 2 + 1 *kg* verglichen — ist folgende Einrichtung getroffen. Auf dem Pfeiler sind unter einem Winkel von 45° zur Wagebalkenebene Schienen angebracht, auf deren äußersten Enden zwei Wagen *ww* gegen einen Anschlag anliegen. Diese Wagen, deren oberer Teil durch einen Rost *oo* aus vernickelten Messingstäben gebildet wird, können leicht mit der Hand bewegt werden. Die Gewichte werden mit Hülfe von Schablonen (Pappstücke mit Messingblecheinfassung und Ausschnitten) so auf den Rost dieser Wagen aufgesetzt, daß ihr gemeinsamer Schwerpunkt nach ihrer Überführung auf die Schalenroste genau unter die Endachse des Wagebalkens fällt. Vor einer Wägung wird nun mittels des Handrades *h* der Transporteur in eine solche Stellung gebracht, daß man nach Öffnung der betreffenden Glastüren des Gehäuses mit den Wagen in das Wagegehäuse fahren kann und daß die Stäbe der Roste *oo* sich zwischen diejenigen der Transporteurroste schieben. Da aber die Gewichte durch die Stäbe des Transporteurs abgehoben werden müssen,

muß letzterer erst etwas gesenkt werden, ehe man mit den Wagen hineinfährt. Daß die Arretierung der Wage in dieser Stellung des Transporteurs nicht gelöst wird, ist durch zwei Arretierungsstifte *t t*, deren hinterer in der Figur nicht sichtbar ist, erreicht. Auf diese setzt sich der Transporteur bei Senkung um einen bestimmten Betrag



auf, sodaß dann bei weiterem Drehen der Arretierungswelle nur der untere Teller mit den Kugeln herabgeht. Allerdings war es nötig, diese Stifte kräftig auszubilden, da sie unter Umständen die Last des Transporteurs mit den Gewichten, wenn auch nur kurze Zeit, tragen müssen. Nachher wird der Transporteur wieder etwas angehoben, sodaß die Gewichte von den Wagen abgenommen werden. Darauf fährt

man die Wagen aus dem Gehäuse hinaus und bringt den Transporteur wieder in normale Lage, bei welcher die Gewichte von ihm durch Senkung auf die Schalenroste heruntergelassen werden können.

Die Ergebnisse, welche bisher mit der Wage gewonnen wurden, sind recht befriedigende. Es sei hier nur kurz erwähnt, daß die Empfindlichkeit bei einer einseitigen Belastung mit 20 *kg* etwa 0,24, bei einer solchen mit 10 *kg* etwa 0,28 Skalenteile für 1 *mg* beträgt. Dieselbe läßt sich leicht auf den doppelten Betrag steigern, indessen natürlich nur auf Kosten der Konstanz und Schwingungsdauer. Bei der obigen Empfindlichkeit ist ein 20 *kg*-Stück ohne große Schwierigkeit auf etwa ± 1 *mg* (mittlerer Fehler), ein 10 *kg*-Stück auf $\pm$ 0,3 *mg* zu bestimmen. Es entspricht dies einer Wägungsgenauigkeit von 5×10^{-8} bezw. 3×10^{-8}.

Charlottenburg, im Mai 1903.

Über den schädlichen Einfluſs des Verkittens von Objektiven.

Von

Dr. **G. Eberhard** in Potsdam.

Hr. Dr. Lehmann hat in seinem interessanten Aufsatze: Anwendung der Hartmannschen Methode der Zonenprüfung auf astronomische Objektive II (*diese Zeitschr.* **22.** *S. 325. 1902*) bereits darauf hingewiesen, daß sich die Zonenfehler eines Objektives durch das Verkitten der Einzellinsen in sehr merkbarer Weise ändern können, daß somit die Güte eines Objektives unter Umständen stark beeinträchtigt wird. Ich selbst habe nun bei Gelegenheit meiner Untersuchungen über den von Vogel konstruierten Spektrographen Nr. IV weitere Belege dafür gesammelt, daß das Verkitten, für Präzisionsobjektive wenigstens, wie sie ein moderner Spektrograph erfordert, höchst bedenkliche Erscheinungen hervorrufen, ja geradezu Objektive für diese Zwecke unbrauchbar machen kann. Da meine Erfahrungen über diesen Gegenstand für den praktischen Optiker von Nutzen sein dürften, erlaube ich mir, dieselben an dieser Stelle mitzuteilen.

Der Spektrograph Nr. IV des Potsdamer Observatoriums besitzt zwei dreilinsige, verkittete Fernrohrobjektive von Steinheil. Nach Einlieferung derselben habe ich sie im September 1900 mittels der Hartmannschen Methoden extrafokaler Beobachtung auf Zonenfehler untersucht und auch den Abstand F des mittleren Brennpunktes von der vorderen Kante der Linsenfassung bestimmt. Es ergaben sich zum Beispiel für das Kollimatorobjektiv aus einer größeren Reihe von Aufnahmen folgende recht sichere Zahlen:

		Zone	Zonenfehler
		mm	*mm*
September 1900	$F = 305{,}64$ *mm*	Rand: 15	— 0,24
		13	— 0,17
		11	— 0,08
		9	+ 0,03
		7	+ 0,07
		5	+ 0,16
		3	+ 0,05
		Mitte: —	

Der Spektrograph wurde dann seiner Bestimmung gemäß zur Aufnahme von Sternspektren benutzt. Nach und nach machte sich indessen ein Anwachsen der Fokusdifferenz zwischen Rand- und Mittelstrahlen bemerkbar; deshalb wurden im Juni 1902 die Objektive herausgenommen und abermals untersucht, wobei das Anwachsen jener Differenz sich bestätigte. Es folgte nämlich wiederum aus einer größeren Anzahl extrafokaler Aufnahmen für das Kollimatorobjektiv:

		Zone	Zonenfehler
		mm	*mm*
Juni 1902	$F = 305{,}48$ *mm*	Rand: 15	— 0,32
		13	— 0,29
		11	— 0,23
		9	— 0,06
		7	+ 0,06
		5	+ 0,33
		3	+ 0,50
		Mitte: —	

Wenn man auch die Veranlassung zu diesen Veränderungen der Objektive in der Kittschicht suchen mußte, so glaubte ich doch, daß nach einer Zeit von zwei Jahren der Kanadabalsam so verhärtet sein würde, daß die Objektive sich nun wie eine kompakte Glasmasse verhalten und keine weiteren Veränderungen der optischen Konstanten vorkommen würden. Auf Wunsch von Hrn. Geheimrat Vogel hat daher Hr. Dr. Steinheil beide Objektive durch zonenweises Nachpolieren korrigiert. Die Brennweiten und Zonenfehler hatten danach folgende Werte:

	Zone	Kollimator	Kamera
	mm	*mm*	*mm*
Sept. 1902	Rand: 15	— 0,33	— 0,05
	13	— 0,14	+ 0,05
	11	0,00	+ 0,13
	9	+ 0,13	+ 0,11
	7	+ 0,13	+ 0,08
	5	+ 0,04	— 0,08
	3	+ 0,18	— 0,25
	Mitte: —		
		$F = 305{,}59$ *mm*	$F = 356{,}47$ *mm*

Astigmatismus war nicht nachweisbar. Der Spektrograph wurde dann wiederum für die Arbeiten auf dem Gebiete der Sternspektrographie verwandt. Bald indessen zeigte sich, daß sich meine Annahme, die Objektive würden sich nicht weiter ändern, nicht bestätigte, es ließen sich vielmehr kleine und langsam fortschreitende Änderungen im optischen System des Spektrographen wahrnehmen.

Die Einstellung der Kamera des Spektrographen ist von der Temperatur abhängig (bei steigender Temperatur wird die Einstellung kleiner); um daher stets völlig scharfe Aufnahmen zu erhalten, werden das ganze Jahr hindurch Fokussierungen der Kamera vorgenommen. Es hätte nun für dieselbe Temperatur zu zwei verschiedenen Zeiten immer dieselbe Einstellung gefunden werden müssen; statt dessen wurde aber die Einstellung mit der Zeit um einen kleinen Betrag (einige zehntel Millimeter) dauernd kleiner, namentlich wenn der Apparat im Sommer höheren Tem-

peraturen (bis etwa + 35° C.) ausgesetzt gewesen war. Diese Änderungen konnte man nur weiterem Eintrocknen des Kanadabalsams zuschreiben.

Eine geradezu völlige Umgestaltung erlitten aber beide Objektive, als am 3. Juli 1903 infolge eines Kurzschlusses der elektrische Heizapparat des Spektrographen unbemerkt in Tätigkeit trat und das ganze Instrument 10 Stunden lang auf etwa 60° C. erhitzte. Beide Objektive erlitten starke Deformationen, wie die folgende Zahlenreihe zeigt.

	Zone	Kollimator	Kamera
	mm	*mm*	*mm*
3. Juli 1903	Rand: 15	+ 0,11	+ 0,56
	13	+ 0,22	+ 0,25
	11	+ 0,08	+ 0,28
	9	— 0,03	— 0,07
	7	— 0,04	— 0,08
	5	— 0,24	— 0,47
	3	— 0,12	— 0,49
	Mitte: —		
		F = 304,51 *mm*	F = 353,97 *mm*
		Astigmatismus: 0,3 *mm*	Astigmatismus: 1,4 *mm*

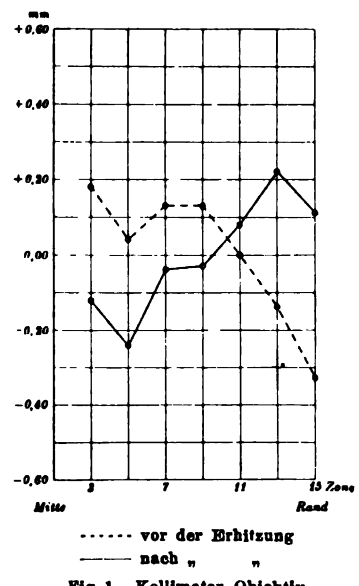
Die Zonenfehler der Objektive vor und nach jener Erhitzung habe ich in beifolgenden Fig. 1 u. 2 dargestellt, aus welchen sich am besten ein Überblick über die Veränderungen gewinnen läßt. Beide Objektive haben aber, außer der Veränderung der Zonenfehler, eine Verkürzung der Brennweite erlitten; ferner tritt bei beiden starker Astigmatismus auf, und auch die Bildfeldwölbung ist eine andere geworden. Es haben sich somit alle Konstanten der Objektive in beträchtlicher Weise geändert. Die Deformation der Linsen ist im übrigen keine regelmäßige: die Einzelwerte, aus welchen obige Mittelzahlen gebildet sind, zeigen sehr viel bedeutendere Abweichungen unter einander, als man sie sonst zu erhalten pflegt.

Aus diesem unfreiwilligen Experiment sieht man nun auf das deutlichste, daß die Verkittung der Linsen ein veränderliches Element in das optische System einführt, welches zu sehr unangenehmen und gefährlichen Erscheinungen Veranlassung geben kann[1]). Es ist ja ziemlich umständlich, auch vielfach nicht ausführbar, ein Objektiv immer wieder von neuem zu untersuchen und auf diese Weise die Veränderungen desselben zu verfolgen; man muß sich daher darauf verlassen können, daß ein einmal als gut erkanntes Objektiv auch unverändert bleibt. Dies dürfte nach

[1]) Nach einer gütigen Mitteilung von Hrn. Dr. Lehmann (Firma C. A. Steinheil Söhne) betragen die Zonenfehler der beiden Objektive nach Entfernung der Kittschicht:

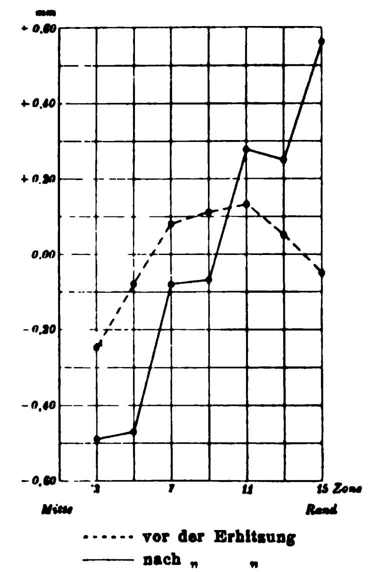
Zone	Kollimator	Kamera
mm	*mm*	*mm*
14,0	— 0,01	+ 0,04
12,0	+ 0,17	+ 0,07
10,0	— 0,02	+ 0,05
8,0	— 0,08	+ 0,10
6,0	— 0,12	— 0,13
3,6	+ 0,06	— 0,13
Mitte: —		

meinen soeben mitgeteilten Erfahrungen nur möglich sein, wenn man von einer Verkittung absieht. Denn wenn wohl auch kaum Objektive auf höhere Temperatur als 35° C. erwärmt werden, so sind doch diese Temperaturen, zumal im Sommer, oft längere Zeiten vorhanden und bewirken durch ihre Dauer dann eine immer zunehmende, ungleichmäßige Eintrocknung des Kanadabalsams und damit eine fortschreitende Deformierung des Objektives, ja es ist sogar wahrscheinlich, daß diese



------ vor der Erhitzung
——— nach „ „

Fig. 1. Kollimator-Objektiv.



------ vor der Erhitzung
——— nach „ „

Fig. 2. Kamera-Objektiv.

Eintrocknung auch ohne höhere Temperatur, wenn dann auch vielleicht langsamer, fortschreitet. Man wird daher bei Objektiven, an welche hohe Anforderungen gestellt werden, zweifellos besser von einer Verkittung absehen.

Auf den schädlichen Einfluß der Verkittung auf Prismen von verschiedenen Glassorten (*Compound*-Prismen) ist man schon seit längerer Zeit aufmerksam geworden; so hat Vogel mehrfach darauf hingewiesen, und es sind solche Prismen in exakten Spektrographen jetzt nicht mehr in Anwendung.

Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium, 17. Juli 1903.

Referate.

Der Pedograph von Ferguson.

Nach „De Militaire Gids", Orgaan voor Weermacht en Natie **12.** *Afl. 2.*

Seinem vor kurzem hier besprochenen Hodographen (vgl. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 50. 1903*) zur selbsttätigen Aufnahme von auf dem Wasser zurückgelegten Wegen hat Hr. Th. Ferguson einen *Pedographen* zur selbsttätigen Aufzeichnung von zu Fuß zurückgelegten Landwegen (auf ebenem Gelände) folgen lassen, der hier nach einem Aufsatz von Leutnant Thomson *a. a. O.*, nach dem für die geodätische Sammlung der Technischen Hochschule in Stuttgart erworbenen Instrument selbst und nach Prospekten beschrieben werden soll.

Die Konstruktion des Instruments ist die folgende. Eine kleine, einem Schrittzähler (Pedometer) ähnliche Vorrichtung, der *„Recorder"*, ist zwischen zwei parallelen Ebenen, nämlich einer Mattglasplatte und der Ebene des zur Aufzeichnung des Wegs dienenden Papierblattes so eingeklemmt, daß er in noch näher zu beschreibender Weise durch die Schrittbewegung

des Aufnehmenden nach und nach senkrecht abwärts gleitet und so die *Länge* des zurückgelegten Weges auf dem Papier markiert. Um auch die *Wegrichtung* zu erhalten, sind die beiden genannten, in einem flachen Holzrahmen montierten Ebenen um eine horizontale Achse drehbar angeordnet. Die Achse ragt auf der einen Seite durch die den Rahmen umgebende Umhängetasche heraus und endigt in einem Griffknopf (in Fig. 1 in der Mitte der Rückseite zu denken), der von dem den Weg Aufnehmenden gedreht werden kann. Die Drehung der Ebene mittels dieses Knopfes wird durch eine über Rollen laufende Schnur auf eine Anzeige-Vorrichtung übertragen (in Fig. 1 oben rechts angedeutet), in welcher eine frei schwingende Kompaßnadel angeordnet ist. Durch Drehung des Knopfes ist die Anzeige-Vorrichtung mit dieser Kompaßnadel im Einspielen zu erhalten. Während der *Recorder* stets senkrecht abwärts gleitet, werden beim Drehen des Knopfes die Ebenen um Winkel gedreht, die der jedesmaligen Änderung der Wegrichtung entsprechen.

Oben an der Umhängetasche ist noch eine grobe Libelle angebracht, die ebenfalls im Einspielen zu halten ist. Einspielenlassen der Magnetnadel und der Libelle läßt sich aber



Fig. 1.

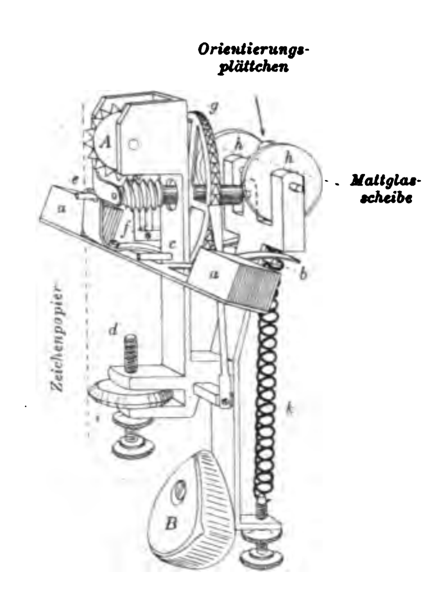


Fig. 2.

ganz bequem gleichzeitig ausführen, wie man sich auf einer *geradlinigen* Strecke am besten überzeugt. Auf einer solchen Strecke hat man, das Instrument auf der linken Schulter an einem Riemen tragend und darauf achtend, daß seine beiden parallelen Ebenen stets dieselbe Stellung zum Körper bewahren, schon nach wenigen Schritten die richtige (vermittelnde) Stellung der Magnetnadel gefunden; drückt man dann einfach das Instrument etwas gegen die linke Hüfte, neben der es hängt, so braucht man, solange keine Änderung der Richtung des Wegs eintritt, kaum mehr auf die Bussole zu achten, kann vielmehr sein Augenmerk auf die Libelle allein richten. Auf einer solchen vom Aufnehmenden zurückgelegten *geraden* Strecke muß sich der *Recorder* auf einer vertikalen *Geraden* nach unten bewegen. Ändert sich die Wegrichtung, so ist natürlich zunächst wieder die Bussole zum Einspielen zu bringen.

In Fig. 1 (Instrument in $1/8$ der nat. Gr., mit abgenommenem Deckel des Etuis) ist der *Recorder* durch die Glasplatte hindurch sichtbar, in Fig. 2 ist er selbst, etwas vergrößert, dargestellt. Der Mechanismus ist wesentlich der meist bei den Pedometern (Schrittzählern) benutzte, nur kommt hier statt der dortigen Zeigerdrehung durch die Erschütterung des Instruments beim Schreiten das Einstechen der Spitzen eines Spitzen-Zahnrads in das Papier, auf das die Aufnahme geschehen soll, in Betracht. Dieses Zahnrad ist *A* in Fig. 2 ($1^1/_2$-fach

nat. Gr.); es muß durch das Schreiten in gleichmäßige drehende Bewegung gesetzt werden, sodaß es nach je derselben Zahl von Schritten einen weitern Punkt in die Papierfläche einsticht. Die Pedometer-Mechanik besteht aus einem Winkelhebel, drehbar um die Welle *b*; auf den langen Arm drücken die zwei Gewichte *a*, auf den viel kürzern wirkt die Spiralfeder *k*. Der Winkelhebel gerät durch das Gehen in Schwingungen; das Auf- und Niedergehen des langen Arms mit den Gewichten *a* wird gegen oben und gegen unten begrenzt durch den festen Anschlag *c* und die Schraubenkuppe *d*, die verstellt werden kann. Je nachdem *d* höher oder tiefer gestellt wird, ist die Bewegung des langen Winkelarms und damit der daran befestigten Nadel *e* kleiner oder größer. Diese Nadel *e* wirkt durch *f* auf das Rad *g*, und dieses Rad wird also durch die Schwingungen des Winkelhebels in drehende Bewegung gesetzt. Wenn *d* auf die kleinste Amplitude der Hebelschwingung gestellt ist, so dreht jede durch einen Schritt hervorgebrachte Schwingung des Winkelhebels das Rad *g* um einen Zahn weiter und da auf dem Umfang von *g* 65 Zähne vorhanden sind, so erhält *g* in diesem Fall durch 65 Schritte (rund 50 Meter, s. u.) zurückgelegten Wegs eine volle Umdrehung und das Rad *A* drückt die nächste seiner Zahnspitzen gegen das Papier. Diese Zahnspitzen von *A* haben einen Abstand von je 1 *mm* voneinander; sind demnach bei dem Abschreitenden 65 Schritte genau gleich 50 Meter, so zeichnen die aufeinander folgenden Punkte, die die Zahnspitzen von *A* auf das Papier eindrücken, die Aufnahme des Wegs im Längenmaßstab 1:50000 auf. Dies ist der kleinste Maßstab, der für die Aufnahme möglich ist. Durch Verstellung der Schraube *d*, d. h. Änderung der Amplitude der Schwingung, kann man das Rad *g* statt durch jeden Schritt um einen auch um je zwei, drei, vier Zähne sich drehen lassen und damit den Maßstab der Aufnahme vergrößern auf 1:25000, 1:16667, 1:12500. In einer andern Ausführung ist das Instrument für die in England und seinen Kolonien üblichen Maßstäbe von 2, 4, 6 und 8 Zoll auf die englische (Land-) Meile eingerichtet (1:31680, 1:15840 u. s. w.).

Selbstverständlich ist, daß, wenn der Schritt des Aufnehmenden (bei der zuerst genannten Ausführung) nicht genügend genau gleich $^{50}/_{65}$ *m* = 77 *cm* lang ist, eine individuelle Maßstabreduktion für die Aufnahme notwendig wird. Übrigens ist dies ganz ohne Bedeutung, da der Pedograph fast stets als Interpolations-Instrument zwischen gegebene Festpunkte hinein, nicht als selbständiges gebraucht werden wird.

Das Wägelchen läuft, wie schon angedeutet, mit etwas Reibung zwischen den zwei parallelen Ebenen der Mattglasscheibe und des Auftragepapiers; es dienen dazu die glatten Räder *h h* und *i*, jene stehen parallel, dieses senkrecht zum Zeichen-Zahnrad *A*. Auf weitere Einzelheiten der Einrichtung (z. B. Rektifikation dieses Einklemmens des *Recorder* zwischen Planpapierscheibe und Mattglasscheibe, Orientierung der Tafeln beim Beginn der Aufnahme, Zeichen für das Ende der möglichen Aufnahme u. s. f.) kann ich hier nicht eingehen. Es mag nur noch ein Wort über Geschwindigkeit und Genauigkeit der Aufnahme angefügt werden.

Die Geschwindigkeit der Aufzeichnung des begangenen Wegs ist im Vergleich mit allen andern Methoden sehr groß, da das Einspielendhalten der Bussolennadel durchaus keinen Aufenthalt bedingt. Man kann also die Wegaufnahme so rasch machen, als man den Weg zurücklegt, z. B. mit der Geschwindigkeit von 5 bis 6 *km* in der Stunde. In der Tat berichtet z. B. der Verf., daß er eine Wegaufnahme von 20 *km* Länge in $3^1/_2$ Stunden gemacht habe. Dabei wird als Genauigkeitsangabe beigefügt, daß die größte Lageabweichung von der Angabe der Generalstabskarte kleiner als 150 *m* geblieben sei. Ein *Präzisions*-Instrument ist der Pedograph selbstverständlich nicht, er gibt nur die Genauigkeit, die man durch Abschreiten auf langen Linien erhalten kann. Trotzdem wird er sicher zur Wegskizzierung auf ebenem Gelände sehr wertvolle Dienste leisten. Dabei ist besonders hervorzuheben, daß weder die Nacht (wo nur eine Laterne für die Kompaßnadel die Ausrüstung zu vervollständigen hat) noch Regen oder Nebel, noch z. B. die Art der Bodenbedeckung (Wald, Busch, hohes Gras, wie z. B. so oft in Afrika) das geringste an der Verwendbarkeit des Instruments ändert. Nur ist auf der andern Seite nochmals daran zu erinnern, daß das Instrument auf anderer

als *ebener* Fläche eigentlich zunächst versagt, wenigstens was die Richtigkeit der Entfernungen betrifft, während die Richtungen der einelnen Wegstücke auch hier noch richtig angegeben werden. Doch wird auch noch auf mäßigen Steigungen und Gefällen ein gewandter Arbeiter, der seine Schrittlänge dem Gefäll anzupassen weiß, ebenfalls noch eine brauchbare Aufnahme zustande bringen können. Auf ebener Fläche soll die Genauigkeit, mit der die Weglänge registriert wird, etwa 3 % betragen, die Genauigkeit in den Richtungen der einzelnen Wegstrecken leicht innerhalb 2° gehalten werden können. Die Beispiele von wirklichen Aufnahmen, die Hr. Ferguson mir übermittelt hat, sind in der Tat ausgezeichnete Zeugnisse für die Brauchbarkeit des Instruments für die Aufgaben, für die es bestimmt ist und in Betracht kommen kann. Die holländischen Ministerien des Kriegs und der Kolonien haben denn auch Anschaffungen des Pedographen bereits gut geheißen, ebenso das englische *War office*. Der Preis ist nicht hoch (etwa 190 M.); der Verfertiger ist jetzt die „*Nederlandsche Instrumentenfabriek*“ in Utrecht.

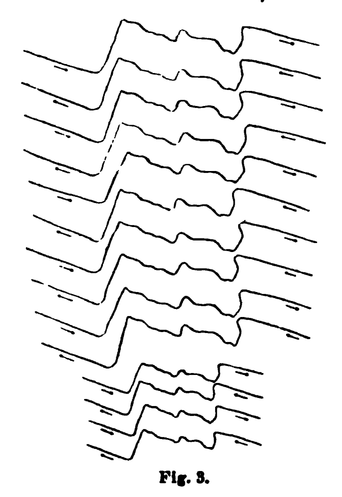


Fig. 3.

Um hier noch ein Beispiel für die Genauigkeit der Arbeit des Instruments zu geben, füge ich in Fig. 3 die Kopien der automatischen Aufzeichnungen von 14 Begehungen desselben Wegs an, wie sie Hr. Ferguson in der Umgebung des Haag in Holland erhalten hat an 7 verschiedenen Tagen (je Hin- und Rückweg, wie durch die Pfeile angedeutet ist. Die Aufnahme an den ersten 5 Tagen ist in größerem Maßstab gemacht als die der letzten 2 Tage; die sämtlichen Aufnahmen sind hier in kleinern Maßstäben als die Originale wiedergegeben: die ersten 10 in 1:42000, die letzten 4 in 1:72000. In Fig. 4 ist der aus dem geometrisch aufgenommenen Plan vom Haag im Maßstab 1:10000 sich ergebende wirkliche Grundriß des begangenen Wegs beigesetzt (hier in kleinerm Maßstab, 1:15000, gezeichnet). Die schwarzen Punkte in den Hauptknickpunkten der in Fig. 4 gezeichneten Linie deuten an, welche Abweichungen von der Wirklichkeit die 14 einzelnen Pedographen-Aufnahmen ungefähr liefern, wenn man die Endpunkte *A* und *B* des Wegs als gegebene Punkte ansieht und jede einzelne der 14 Aufnahmen zwischen diese Punkte *A* und *B* hineinpaßt.

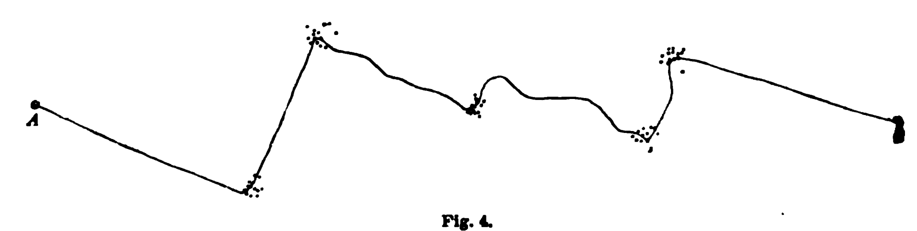


Fig. 4.

Dabei ist noch zu erwähnen, daß die Linie in Fig. 4 die *Mittellinie* der begangenen Straßen und Wege vorstellt, während bei den 14 Pedograph-Aufnahmen nicht darauf geachtet wurde, ob der Abschreitende sich immer genau in dieser Mittellinie bewegte, sodaß ein (kleiner) Teil der Abweichungen zwischen Pedograph-Aufzeichnung und richtigem Grundriß diesem Umstand zuzuschreiben sein mag. Ferner ist anzuführen, daß die hier wiedergegebenen 14 Pedograph-Aufnahmen *allen* zwischen den Punkten *A* und *B* mit dem Instrument zurückgelegten Wegen entsprechen, d. h. es ist *keine* Aufzeichnung weggelassen, endlich daß das Gelände der Aufnahme *günstig* war, indem die Linie *AB* durchaus auf gleichartigen und ganz ebenen Wegen liegt.

Hammer.

Das Planimeter, einfach und ohne Mathematik erläutert.

Von W. J. Tennant. *The Engineer* **45.** *S. 75. 1903.*

Der Verf. sucht vom Polarplanimeter für Anfänger eine möglichst einfache Theorie zu geben, die für den ersten Gebrauch des Instrumentes ausreichen mag, aber z. B. schon auf den Fall „Pol innerhalb der Figur“ nicht eingeht, geschweige auf die Wirkung der Instrumentalfehler (Rollenschiefe, Rollenachsenschiefe u. s. w.), und ebensowenig die neuern Planimeterformen (Kompensationsplanimeter, Planimeter mit auf einer Geraden sich bewegendem Gelenk, die doch gerade für manche Gebiete der Technik so wichtig sind, z. B. für den Schiffsbau) in den Kreis seiner elementaren Betrachtungen zieht. *Hammer.*

Distanzmessendes Doppelfernrohr.

Den Bedürfnissen des Ingenieurs, besonders bei orientierenden Messungen und bei Aufnahme von Fluß-Querprofilen, verdankt das im folgenden beschriebene Instrument seine Entstehung.

Fig. 1 zeigt ein Doppelfernrohr, dessen beide Objektivlinsen in der Art des Fraunhoferschen Heliometers in je zwei Hälften geschnitten sind. Die beweglichen Hälften beider

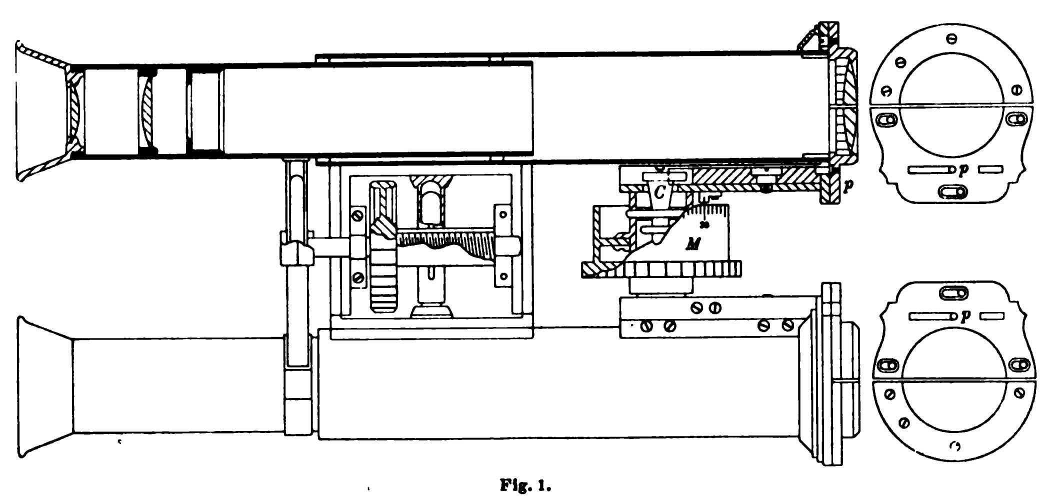


Fig. 1.

Linsen sind fest miteinander verbunden und werden in ihren Führungen mittels eines gemeinschaftlichen Triebwerks auf- und abwärts bewegt. Das Triebwerk besteht aus einer geränderten Trommel M, auf deren Achse zwei Exzenter C (Fig. 2) befestigt sind, welche mit Hülfe des Hebels AB den Zapfen p in vertikaler Richtung verschieben. Die Trommel M

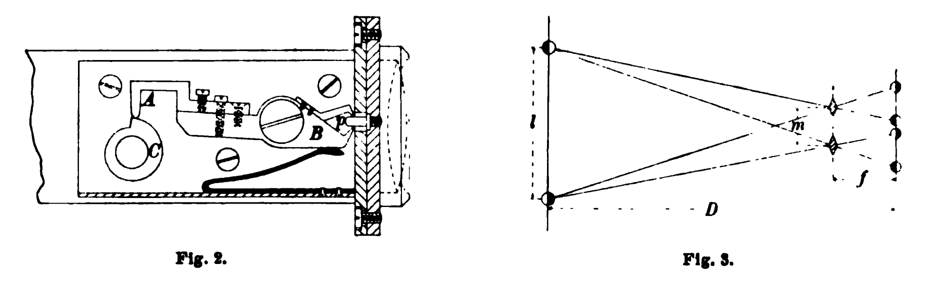


Fig. 2. Fig. 3.

trägt eine gleichförmige Teilung, welche zur Messung der Linsenverschiebung und, wie weiter unten erörtert wird, der Distanzen dient.

Die Theorie des Instrumentes wird aus Fig. 3 klar, in welcher die bewegliche Linsenhälfte um das Stück m über die feste Halblinse gehoben ist. Stehen beide Hälften in gleicher Höhe ($m = 0$), so entsteht von einem Gegenstand nur ein einziges Bild. In der

Lage $m > 0$ entwirft jede Halblinse für sich ein besonderes Bild des Gegenstandes; stehen die beiden Bilder im Abstande l über einander, dann haben wir folgende Beziehung:

$$D:f = l:m \quad \text{also} \quad D = \frac{fl}{m}$$

oder

$$D = c\frac{1}{m},$$

wenn l einen konstanten Wert hat. Nehmen wir nun eine vertikal stehende Latte mit zwei in konstantem Abstande l befestigten Visierscheiben und bewegen wir die Halblinse so lange, bis das in Fig. 3 gezeichnete Bild entsteht, lesen wir ferner an der Mikrometertrommel den Faktor $1/m$ ab, so haben wir durch Multiplikation desselben mit c unmittelbar die Entfernung der Latte vom Instrumente. Man kann die Verschiebung m so groß machen, daß anstatt vier Scheiben nur drei sichtbar werden, was bei den sich zu einer gleichfarbigen Scheibe (z. B. ganz rot oder ganz weiß) ergänzenden Bildern ein sehr genaues Einstellen erlaubt.

Das hier (zuerst in *Magyar Mérnökés Épitész-Egylet Közlönye* **24.** *Heft 14*) beschriebene Instrument wurde als Verbesserung des Kruspérschen Distanzmessers von Elek und Hajós entworfen. Elek wandte die geteilte Linse in einem Zeissschen Prismen-Fernrohr an, welches für militärische Distanzmessung (auf große Entfernungen) umgeändert wurde.

Hr. Ingenieur Hajós, welcher bei Aufnahme von Flußquerprofilen die gewöhnlich angewandten Peilungen vom Ufer aus mittels zweier feststehender Instrumente durch Distanzmessung vom Boote aus ersetzen wollte und hierbei auf nur 300 bis 400 *m* große Abstände Rücksicht zu nehmen hatte, bei welchen Fehler von 5 bis 6 *m* keine Rolle spielen, nahm ein astronomisches Doppelfernrohr und erzielte bei den mit demselben gemachten Messungen Resultate, welche stets innerhalb 1% genau waren.

Wenn man bedenkt, wie schwer es ist, die beiden Linsenhälften vollkommen gleichmäßig zu bewegen, und daß die Bewegung mittels exzentrischer Scheiben zu geschehen hat, um die Teilung der Mikrometertrommel nicht ungleichförmig machen zu müssen, so ist die mit dem Doppelfernrohr erreichte Genauigkeit ein Zeugnis für die Güte und Präzision der Ausführung durch das Ungarische Institut für Feinmechanik in Budapest.

Da das Doppelfernrohr selbstverständlich ohne Stativ verwendet wird, kann es auch bei bewegtem Wasserspiegel gebraucht werden und könnte auf dem Festland bei Orientierungszügen (mit einer Bussole verbunden) gute Dienste leisten. *Ingenieur L. Szarvas.*

Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozean.

Von O. Hecker. *Veröffentlich. d. Kgl. Pr. Geodät. Instituts. Neue Folge Nr. 11. Berlin 1903.*

Die vorliegende Arbeit zerfällt in zwei Teile:

1. Bestimmung der Intensität der Schwerkraft durch Vergleichung von Quecksilberbarometern und Siedethermometern auf dem Atlantischen Ozean (85 S.).

2. Bestimmung der Intensität der Schwerkraft durch relative Pendelmessungen in Rio de Janeiro, Lissabon und Madrid (48 S.).

In diesem Referat soll nur der erste Teil besprochen werden. Er liefert einmal eine umfangreiche Untersuchung über das Verhalten der Siedethermometer und ihre Brauchbarkeit in Verbindung mit Quecksilberbarometern zu Schweremessungen; ferner aber gelangen die Resultate von Beobachtungen zur Darstellung, welche der Verf. auf einer Reise von Hamburg nach Südamerika und zurück nach Lissabon an Bord zweier Dampfer angestellt hat. Über seine Untersuchungen an Siedethermometern hat der Verf. z. T. bereits selbst in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 133. 1901* berichtet. Bezugnehmend darauf mag hier nur erwähnt werden, daß zu der Untersuchung Einschlußthermometer aus Jenaer Glas 59^{III}, sowie mit Spiritus geheizte Siedeapparate dienten.

Der Verfasser studierte folgende Fehlerquellen:

1. den Einfluß des herausragenden Fadens. Derselbe ergab sich aus systematischen Änderungen der Höhenlage des Thermometers zu 0,0088° für 1° herausragenden Fadens;

2. den Einfluß der Flammenhöhe. Verf. fand, daß eine Flamme mit dem dreifachen Spiritusverbrauch im Vergleich zu einer normalen Flamme ein Steigen des Thermometers um 0,0025°, also einen Dampfüberdruck im Dampfmantel hervorbringt, der einer Quecksilbersäule von 0,7 *mm* entspricht;

3. den Einfluß des Abstandes Drahtnetz — Thermometergefäß. Eine Variation dieses Abstandes von 5 bis 50 *mm* führte merkliche Änderungen in den Angaben der Thermometer nicht herbei;

4. den Einfluß der Abnahme des Wassers im Siedegefäß. Auch hier waren, selbst nach Entnahme von 100 *ccm* Wasser, merkliche Änderungen nicht zu konstatieren.

Weitere Beobachtungen waren der Untersuchung der Konstanz der Siedethermometer gewidmet. Zu diesem Zwecke führte der Verf. systematische Vergleichungen der Thermometer mit einem Wild-Fuessschen Barometer von 15 *mm* Rohrweite durch. Indem er die Thermometerangaben mit Hülfe der Wiebeschen Tafeln in Wasserdampfspannungen verwandelte und hiervon die Barometerhöhe subtrahierte, erhielt er die Schwerekorrektion, welche am gleichen Orte stets den gleichen Betrag ergeben sollte.

Die Beobachtungen ließen eine Abnahme der Schwerekorrektion mit der Dauer des Siedens erkennen, welche durch thermische Nachwirkungen der Thermometer ihre genügende Erklärung fand.

Zu den Beobachtungen an Bord des Schiffes dienten sowohl visuelle als auch registrierende Barometer. Die ersten waren Gefäßbarometer und waren etwa in halber Höhe der Quecksilbersäule mit einer kapillaren Einschnürung versehen, die sich nach oben und nach unten zu möglichst gleichen Trichtern erweiterten und in das eigentliche Barometerrohr übergingen. Diese Vorrichtung verfolgte den Zweck beim gleichmäßigen Auf- und Niedergang des Schiffes wegen der gleichen Reibung des Quecksilbers beim Hin- und Herfließen, eine symmetrische Bewegung des Quecksilbers zu erhalten und somit systematische Fehler infolge der Schiffsbewegung auszuschließen. Direkte Versuche, bei welchen die Barometer künstlich symmetrisch vertikal auf- und abbewegt wurden, ergaben in der Tat eine Überlegenheit der mit Einschnürung versehenen Barometer über solche, welche diese Vorrichtung nicht besaßen.

Für die Aufhängung der Barometer war die Überlegung maßgebend, daß die Instrumente beim Verlassen der Vertikalen infolge der Bewegungen des Schiffes zu hoch zeigen, andererseits aber, wenn sich der Drehpunkt am oberen Ende des Barometers befindet, infolge der bei der gleichen Bewegung auftretenden Zentrifugalkraft ihren Stand erniedrigen. Legt man den Aufhängepunkt weiter nach unten, so wird der Einfluß der Zentrifugalkraft geringer. Für kleine Schwingungen bestimmt Verf. den Aufhängepunkt, bei welchem beide Einflüsse nahezu gleich und entgegengesetzt gerichtet sind, zu etwa 42 *cm* über dem Gefäße. Die benutzten Instrumente waren demzufolge in diesem Punkte im kardanischen Gehänge gefaßt. Die kardanischen Gehänge wiederum setzten sich an eine Eisenplatte an, welche abermals mit Stahldrähten von 80 *cm* Länge an einem größeren kardanischen Gehänge in einem kräftigen Holzgerüst aufgehängt war. An der Mitte der Eisenplatte griff schließlich eine Spiralfeder an, die an einem schweren, auf dem Kajütenboden ruhenden Gewichte angeheftet wurde, um zu verhindern, daß die Schwingungen der Eisenplatte und der Barometer infolge der Schiffsbewegung zu groß würden. Die Einrichtung wurde endlich noch dadurch vervollständigt, daß von der Zwischenschaltung von Filzplatten zur Dämpfung der Schwingungen ausgiebiger Gebrauch gemacht war.

Um auch auf stärker bewegtem Schiffe beobachten zu können, waren Doppelbarometer vorgesehen, welche die Bewegung ihrer Quecksilberkuppen fortlaufend photographisch auf einer rotierenden Trommel registrierten. Zu diesem Zwecke steckten die Barometer mit ihrem oberen Ende in einem Holzkasten mit aufklappbarem Deckel, in welchem sie in jeder Lage festgeklemmt werden konnten. Vor der Teilung war eine Metallplatte befestigt, die in der Mitte mit einem vertikalen Spalt von 0,2 *mm* Breite versehen und durch die also das Glasrohr bis auf einen feinen Spalt abgedeckt war. Die Beleuchtung erfolgte durch Petroleumlampen von außen her.

Der die Barometer und die Registriervorrichtung tragende Holzkasten ruhte in der Mitte auf einem Eisenstab, welcher unter Zwischenschaltung von Filz in eine kardanische Aufhängung eingeschraubt war. Dadurch, daß das Gehänge etwas über dem Schwerpunkt des Instrumentes festgeschraubt wurde, wurde erreicht, daß die Barometer auch bei stärkeren Bewegungen des Schiffes leidlich ruhig hingen.

Als wesentliche Fehlerquelle bei der Ausmessung der registrierten Photogramme nennt Verf. den verschiedenen Einfluß der nicht ganz gleichen Schwärzung der lichtempfindlichen Schicht auf allen Films. Dies veranlaßte ihn zu einer Messung der Tiefe der Schwärzung und einer Untersuchung ihres Einflusses. Die Untersuchung geschah in der Weise, daß durch zwischengeschaltete Diaphragmen absichtlich verschiedene Schwärzungen herbeigeführt und die zugehörigen registrierten Kuppenhöhen gemessen wurden. Die Schwärzung wiederum wurde mit einem von Prof. Hartmann konstruierten Photometer bestimmt, welches in *dieser Zeitschr.* ***19.*** *S. 97. 1899* beschrieben worden ist. Es ergab sich, daß die Annahme eines linearen Abhängigkeitsverhältnisses für den vorliegenden Zweck hinreichend genau ist.

Ein besonderes Studium widmete Verf. den Reibungsverhältnissen im Barometer, welche sich in einer Trägheit des Instrumentes äußern und bei den benutzten Barometern infolge der kapillaren Verengung besonders stark waren. Dabei ergab sich, daß man bei einer Ausgleichung von Beobachtungen bei gleichmäßiger Luftdruckänderung die Abhängigkeit von dieser als lineares Glied einführen kann. Übrigens hebt Verf. hervor, daß in das Resultat bei Schwerebestimmungen nur die Differenz der Trägheit der Thermometer und der Barometer eingeht und daß bei Beobachtungen auf bewegtem Schiffe durch den fortdauernden Auf- und Niedergang des Quecksilbers der Trägheitsfaktor wesentlich beeinflußt werde.

Im zweiten Teile seiner Arbeit gibt Verf. eine eingehende Darstellung seiner auf den eingangs erwähnten Reisen gewonnenen Beobachtungen sowie deren rechnerische Verwertung. Auf diesen Teil der Arbeit kann hier natürlich nicht näher eingegangen werden. Es ergab sich, daß die Intensität der Schwerkraft auf den Tiefen des Atlantischen Ozeans zwischen Lissabon und Bahia nahezu normal ist und der von Helmert aufgestellten Schwereformel von 1901 entspricht. Diese Formel (*Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1901. S. 336*) lautet:

$$\gamma_0 = 978{,}046\ cm \left\{1 + 0{,}005302 \cdot \sin^2\varphi - 0{,}000007 \sin^2 2\varphi\right\}$$

oder

$$\gamma_0 = 980{,}632\ cm \left\{1 - 0{,}002644 \cdot \cos 2\varphi + 0{,}000007 \cos^2 2\varphi\right\}.$$

Hierdurch bestätigt sich, wie Verf. weiter hervorhebt, die Hypothese von Pratt von der isostatischen Lagerung der Massen der Erdkruste; es muß somit, wie die äußeren Kontinentalmassen annähernd durch Massendefekte, Verminderung der Dichtigkeit, unter den Kontinenten kompensiert sind, auf der Tiefsee eine Kompensation durch die größere Dichte des Meeresbodens eintreten. *Schl.*

Bestimmung der optischen Konstanten eines Kristalles mit dem Refraktometer.

Von A. Cornu. *Compt. rend.* ***133.*** *S. 125. 1901.*

Gegeben ist ein beliebig orientierter ebener Schnitt durch einen zweiachsigen Kristall. Mit dem Kristallrefraktometer bestimmt man für die verschiedenen Einfallsebenen die je zwei Grenzwinkel i der Totalreflexion homogenen Lichtes an der Grenzebene G zwischen der Kristallfläche und einem hochbrechenden isotropen Medium vom Brechungsindex N. Trägt man in der Ebene G von einem Zentrum O aus die Werte $p = N/\sin i$ in den Azimuten der entsprechenden Einfallsebenen als Radienvektoren ab, so bestimmen ihre Endpunkte eine Kurve U. Diese stellt, wie eine einfache Überlegung ergibt, die Fußpunktskurve für die Schnittkurve Σ zwischen der Grenzebene G und der Fresnelschen Wellenfläche des Kristalles dar; d. h. errichtet man in den Endpunkten der Radienvektoren von U Senkrechte, so erhält man den Tangentenbüschel von Σ.

Die Kurve U bestimmt die Hauptbrechungsindizes n_x, n_y, n_z des Kristalles und die Winkel α, β, γ zwischen der Normalen der Schnittfläche und den optischen Symmetrieachsen, also die optischen Konstanten des Kristalles und die Orientierung der Schnittfläche, voll-

ständig; denn die Koeffizienten der Gleichung von U (vom 8. Grade) sind bekannte Funktionen der Parameter n_x, n_y, n_z, α, β, γ. Aber diese Funktionen sind so kompliziert, daß sie für die Errechnung der Parameter nicht zu brauchen sind. Man verlangte deshalb früher zur vollkommenen Bestimmung von n_x, n_y, n_z entweder die Kenntnis der Lage der Schnittfläche, d. h. die Konstanten α, β, γ, oder zwei verschieden orientierte Schnittflächen.

Cornu gibt einen Weg an, auf dem man aufs bequemste von der beobachteten Kurve U aus zu den sechs Größen n_x, n_y, n_z, α, β, γ gelangt, auf Grund etwa folgender Betrachtung: Die Kurve U besteht aus zwei geschlossenen Kurvenzügen, die sich im allgemeinen nicht schneiden (sie schneiden sich nur in dem singulären Falle, wo der Kristallschnitt mit der Ebene der optischen Achsen zusammenfällt). Der Anfangspunkt O ist Symmetriezentrum von U, beide Kurvenzüge haben je einen maximalen Durchmesser, $2c$ und $2b$, und je einen minimalen, $2b'$ und $2a$. Drei von diesen vier liegen in den Einfallsebenen, die die Normale des Kristallschnittes mit den optischen Symmetrieachsen $X\,Y\,Z$ verbinden; die entsprechenden Halbmesser von U sind gleich den reziproken Werten der Hauptbrechungsindizes $n_x > n_y > n_z$, und zwar ist der kleinste Halbmesser der inneren Kurve $a = 1/n_x$, der größte der äußeren Kurve $c = 1/n_z$. Welcher der beiden übrig bleibenden Grenzwerte b und b' den Wert $1/n_y$ ergibt, bleibt zunächst zweifelhaft. Man greift einen der beiden, etwa b heraus. Die den drei Halbmessern a, b, c entsprechenden Azimute mögen die Winkel ω_{23}, ω_{31}, ω_{12} bilden; dann ist der Winkel α bestimmt durch

$$\operatorname{cotg}^2 \alpha = -\frac{\cos \omega_{12} \cos \omega_{31}}{\cos \omega_{23}}.$$

Zyklische Vertauschung ergibt die Formeln für β und γ. Ist der herausgegriffene Wert der richtige, also $b = 1/n_y$, so muß natürlich die Gleichung $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$ erfüllt sein. Als weitere Kontrollgleichung für die richtige Bestimmung von n_x, n_y, n_z, α, β, γ tritt noch diese hinzu: $n_x^2 \cos^2\alpha + n_y^2 \cos^2\beta + n_z^2 \cos^2\gamma = \nu^2$, wo ν der reziproke Wert des übrig bleibenden 4. Grenzwertes b' der Halbmesser von U ist.

In einer zweiten Mitteilung (*a. a. O.* ***133.*** *S. 463. 1901*) werden die in der besprochenen Abhandlung mitgeteilten Formeln elementar abgeleitet und einige Winke für ihre praktische Anwendung gegeben. *Wa.*

Bestimmung der optischen Konstanten eines Kristalles an einem einzigen beliebigen Schnitte.

Von C. Viola. *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* ***36.*** *S. 245. 1902.*

Diese von Cornu behandelte Aufgabe (vgl. das vorstehende Referat) hatte C. Viola schon 1899 gelöst und die Lösung in der *Zeitschr. f. Krystallogr. u. Miner.* ***31.*** *S. 40. 1899* mitgeteilt. Er geht dort von der durch Messung bestimmten Schnittkurve zwischen Kristallschnitt und Indizesfläche aus, für die ähnliche Überlegungen gelten, wie für die Kurve U bei Cornu, bestimmt aber die Winkel α, β, γ nicht durch Berechnung der Winkel zwischen den Azimuten, in denen die vier Grenzwerte der Halbmesser der Kurve liegen, sondern mißt mit einem mit Teilkreis versehenen Nicol, der vor das Beobachtungsfernrohr gesetzt wird, für die vier in Frage kommenden Azimute die Winkel λ, μ, μ', ν, die die Polarisationsebenen der entsprechenden Grenzstrahlen mit der Ebene der Totalreflexion bilden. Da für alle Haupt-Lichtgeschwindigkeits-Richtungen die Polarisationsrichtungen in die optischen Symmetrieebenen fallen, so sind die Winkel λ, μ oder μ', ν bezw. gleich den Winkeln α, β, γ zwischen diesen Hauptebenen und der Schnittfläche des Kristalles, und die Orientierung der Grenzebene ist völlig bestimmt, wenn zwischen μ und μ' entschieden ist. Auf das einfachste Kriterium für die richtige Wahl zwischen μ und μ', daß nämlich für $\mu = \beta$ oder $\mu' = \beta$ die Gleichung $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$ erfüllt sein muß, weist Viola an jener Stelle nicht hin, sondern entscheidet durch Einzeichnung der Bestimmungswinkel in ein stereographisches Netz, welche drei Polarisationsebenen eine rechtwinklige Ecke bilden, also die Symmetrieebenen darstellen, wobei natürlich gleichzeitig die Entscheidung für den mittleren Hauptbrechungsindex n_y fällt.

In dem neueren Aufsatze, dessen Titel am Kopfe dieses Referates angegeben ist, wird nach einer eingehenden Diskussion der Kurven, die man aus den Messungen mit dem Refraktometer erhalten kann, die Entscheidung zwischen den beiden mittleren Grenzwerten b und b' der Kurve U (vgl. das vorstehende Referat) dadurch getroffen, daß die Winkel gemessen werden, die die Polarisationsebenen der entsprechenden Grenzstrahlen der Totalreflexion mit den zugehörigen Einfallsebenen bilden. Für den auszuscheidenden Halbmesser b' ist der resultierende Winkel 90°, für den Halbmesser $b = 1/n_y$ ist er von 90° verschieden.

Da die Messung dieser Winkel nicht sehr genau ist, tritt eine Unsicherheit auf, wenn die Polarisationsebene für den dem Werte b entsprechenden Strahl nahezu senkrecht zur zugehörigen Einfallsebene steht. Das kann nur dann der Fall sein, wenn der Kristallschnitt nahezu parallel der Ebene der optischen Achsen ist. In diesem Fall kommen die beiden Kurvenzweige von U in vier Punkten nahezu zum Schnitt, die Durchmesser von U zwischen je zwei dieser Punkte schließen den Winkel ω der optischen Achsen ein, der somit direkt zu messen ist, wenn man sich nicht auf die Messung der vier Grenzwerte der Halbmesser von U beschränkt, sondern U durch Messung in genügend vielen Azimuten vollständig bestimmt Durch Einsetzen einmal der Werte a, b, c, dann der Werte a, b', c in die bekannte Formel

$$\sin\frac{\omega}{2} = \sqrt{\frac{1/n_x^2 - 1/n_y^2}{1/n_x^2 - 1/n_z^2}}$$

läßt sich demnach auch in diesem Falle leicht entscheiden, welcher der beiden in Frage kommenden Halbmesser, b oder b', mit dem mittleren reziproken Hauptbrechungsindex $1/n_y$ identisch ist. In einer weiteren Arbeit (*Bull. soc. min.* **25.** *S. 147. 1902*) wird die Genauigkeit der Methoden von Cornu und Viola diskutiert. *Wa.*

Neu erschienene Bücher.

G. C. Comstock, *A Text-Book of Field Astronomy for Engineers.* 1. Aufl. (1. Tausend). 8°. X, 202 S. m. Illustrat. und Tafeln. New York, J. Wiley & sons; London, Chapman & Hall 1902. Geb. in Leinw. 2,50 $.

Dieses kurze Lehrbuch der direkten Zeit- und direkten geographischen Ortsbestimmung wendet sich nicht an künftige Astronomen, sondern an die zahlreichen Studierenden der Bau- und Vermessungs-Ingenieurwissenschaften, die Anleitung zur Ausführung einfacher Messungen der genannten Art suchen; der Verf., Direktor der Washburn-Sternwarte und Professor der Astronomie an der Universität des Staats Wisconsin, hat durch lange Jahre angehende Ingenieure in diesen Elementen der praktisch-sphärischen Astronomie zu unterrichten gehabt. Er spricht sich im Vorwort eingehend über den durch den angedeuteten Zweck bedingten Inhalt seines Buchs, die Art des Vortrags und der Formelentwicklung u. s. w. aus.

Ein kurzes Kapitel über sphärische Trigonometrie, über Näherungsformeln, numerische Rechnung und ihre Genauigkeit u. s. f. ist vorangestellt, das zweite und dritte Kapitel geben die Definitionen über Koordinaten an der Sphäre und die Beziehungen zwischen ihnen, die Grundlehren über Zeiten und Zeitverwandlung, Chronometer-Korrektionen, Andeutungen über das „Astronomische Jahrbuch"; das vierte Kapitel erläutert die Korrektionen wegen Kimmtiefe, Refraktion, Parallaxe, Halbmesser, täglicher Aberration. Der Verf. unterscheidet dann: „rohe" Bestimmungen (etwa auf 2′ oder $0{,}1^m$), „genäherte" Bestimmungen (auf 15″ oder 1^s) und „genaue" Bestimmungen, deren Genauigkeitsgrenze nur in dem verwendeten Instrument und in der persönlichen Genauigkeit des Beobachters gegeben ist. Diesen drei Arten von Messungen sind die Abschnitte V, VI und VIII gewidmet (Breite, Zeit und Azimut aus gemessenen Höhen; Zeit aus Durchgängen; Azimut aus Beobachtungen von größten Elongationen; Zeit und Azimut aus zwei Sternen; Zeit aus gleichen Höhen; Azimut aus Winkel zwischen Polaris und terrestrischem Punkt; Breite aus Meridian-Zenitdistanz-Differenzen

mit dem Zenitteleskop), während Kap. VII mit den Instrumenten sich beschäftigt (Libelle und Teilwert; Theorie des Theodolits; Repetition von Winkeln mit dem Theodolit; Sextant; Chronometer) und der letzte Abschnitt IX das Durchgangsinstrument und seinen Gebrauch zur Zeit- und Azimutbestimmung vorführt. Hier geht der Verf. bis zur Erwähnung der persönlichen Gleichung und zur Verwendung des Repsoldschen Registriermikrometers. Auf die Bestimmung geographischer Längenunterschiede wird nicht eingegangen.

Die *Instrumente*, die der Verf. abbildet und deren Gebrauch er lehrt, zeigen z. T. amerikanische, z. T. deutsche Bauart; von jenen seien genannt: der *Engineer's Transit* (nämlich Transit-Theodolit; das Wort *Transit* hat im Englischen bekanntlich zwei Bedeutungen, es bezeichnet einmal den „Transit-Theodolit" und sodann unser Durchgangs- oder Passagen-Instrument) mit 7-zölligem Horizontal- und kleinem Höhenkreis, je mit Nonien-Ablesung; der 8-zöllige Theodolit mit Schraubenmikroskopen und Sucher-Höhenkreis, zur Azimutmessung bestimmt; auch der 7-zöllige Sextant, sowie das Durchgangsinstrument mit geradem Fernrohr tragen amerikanische Züge. Deutsche Typen weisen dagegen auf das Passagen-Instrument mit gebrochenem Fernrohr, das Universalinstrument (mit 8-zölligen Kreisen) und auch das Zenitfernrohr ist nicht eines der bekannten amerikanischen Modelle, sondern (nicht ganz im Einklang mit Zweck und sonstiger Anlage des Buchs) eines der Wanschaffschen Instrumente für die feinern Breitenbestimmungen auf den Polhöhenstationen der Erdmessung. Der deutsche Instrumentenbau kommt also in diesem amerikanischen Buch sehr gut weg.

Das Werkchen ist klar und einfach geschrieben und wird seinem Zweck sicher gut gerecht werden.

Der Ref. darf vielleicht bei dieser Gelegenheit eine Bemerkung sprachlicher Art machen, die sich nicht an den Verf. des vorliegenden Buchs allein, sondern an so ziemlich alle Schriftsteller über diese Gegenstände wendet. Man pflegt von direkten Bestimmungen der Polhöhe eines Punkts auf der Erdoberfläche oder des Azimuts einer vom Standpunkt ausgehenden terrestrischen Richtung als „astronomischen" Messungen zu sprechen. Wenn ich aber auf meinem Standpunkt mit einem Höhenkreis von 20″ oder 10″-Nonienablesung oder selbst 5″ oder 2″-Mikroskopablesung eine Anzahl von Kulminations-Zenitdistanzen oder Zirkummeridian-Zenitdistanzen von Sternen messe, welche Erweiterung unserer „astronomischen" Kenntnisse ergibt sich daraus? *Nicht die allermindeste*, denn die Definitionsdifferenzen der Sterne sind anderweit weit genauer bekannt. Oder, wenn ich den Horizontalwinkel zwischen einem Polsterne und einem irdischen Zielpunkt, bei gegebener geographischer Breite und bekannter Ortszeit des Standpunktes messe, so gibt mir die Messung astronomisch gar nichts. Wohl aber erfahre ich geographisch oder geodätisch etwas, mit einer der Messungsgenauigkeit entsprechenden Genauigkeit: im ersten Fall die Polhöhe des Standpunkts, im zweiten die Azimutalabweichung der terrestrischen Richtung von der Nordsüdlinie meines Standpunkts. Sind also die angestellten Messungen „astronomische" Messungen oder geographische (oder, wenn man will, geodätische)? Ich glaube *nur* geographische oder geodätische, wenn sie auch Gestirne mit zu Hülfe nehmen. Der Name „geographische" Ortsbestimmungen sagt dies auch sehr gut und man sollte nicht von „astronomischen" Ortsbestimmungen sprechen. Astronomische Ortsbestimmungen beschäftigen sich mit Sternörtern u. s. f. und kommen hier nicht in Betracht. Der Ausdruck „astronomische" Messungen für die uns hier beschäftigenden geographischen Messungen könnte, wenn man den Gegensatz zu den „geodätisch übertragenen" (durch Triangulierung auf dem Erdellipsoid von bekannt vorausgesetzten Abmessungen) geographischen Koordinaten ausdrücken will, ganz wohl durch *direkt bestimmte* geographische Koordinaten, direkt bestimmtes Azimut u. s. f., ersetzt werden. Eine „astronomische" Messung, die astronomisch nicht das allermindeste liefert, ist sprachlich nicht zu rechtfertigen. *Hammer.*

T. Gray, *Electrical Influence Machines, their historical Development and modern Form.* 2., revid. Ausgabe. 8°. 312 S. m. 105 Illustr. London 1903. Geb. in Leinw. 5,20 M.

T. Gray, *Smithsonian Physical Tables.* 2., revid. Ausgabe. roy.-8. XXXIV, 301 S. Washington 1903. Geb. in Leinw. 12,50 M.

T. A. Lyons, *Treatise on Electromagnitic Phenomena and on the Compass and its Deviations aboard Ship, mathematical, theoretical and practical.* 2 Bd. 8°. 571 u. 589 S. m. Taf. u. Fig. New York 1903. Geb. in Leinw. 60,00 M.

J. H. Poynting u. J. J. Thomson, *Textbook of Physics: Properties of Matter.* Revid. Ausgabe. roy.-8°. 236 S. m. 168 Illustr. London 1903. Geb. in Leinw. 10,80 M.

W. v. Miller u. H. Kiliani, Kurzes Lehrb. d. analyt. Chemie. 5. verb. Aufl. Bearb. v. Prof. Dr. H. Kiliani. gr. 8°. XI, 639 S. m. 96 Abbildgn. u. 1 Spektraltaf. München, Th. Ackermann 1903. 10,00 M.; geb. 11,00 M.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 134—139. 8°. Leipzig, W. Engelmann. Kart.

134 u. 136. M. Faraday, Experimentaluntersuchgn. üb. Elektrizität. Aus den *Phil. Transact. f. 1840* und *1843 u. 1846.* Hrsg. v. A. J. v. Oettingen. XVI. u. XVII. Reihe. 103 S. m. 18 Fig. im Text. 1902; XVIII. u. XIX. Reihe. 59 S. m. 11 Fig. im Text. 1903. 160 u. 120 M. — 138. Chr. Huygens' nachgelassene Abhandlgn.: Über die Bewegung der Körper durch den Stoß. Über die Zentrifugalkraft. Hrsg. v. F. Haussdorff. 79 S. m. 49 Fig. im Text. 1903. 1,40 M.

A. Reychler, Physikalisch-chemische Theorien. Nach der 3. Aufl. des Originals bearb. v. Dr. B. Kühn. gr. 8°. XII, 389 S. m. Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 9,00 M.; geb. in Leinw. 10,00 M.

J. Schlotke, Lehrb. d. Differential- u. Integralrechnung. gr. 8°. VI, 256 S. m. 106 Fig. Dresden, G. Kühtmann 1903. 7,80 M.; geb. 8,50 M.

Sammlung Schubert. XXIX u. XLI. 8°. Leipzig, G. J. Göschen. Geb. in Leinw.

XLI. J. Classen, Theorie der Elektrizität u. des Magnetismus. 1. Bd. Elektrostatik u. Elektrokinetik. X, 184 S. m. 21 Fig. 1903. 5,00 M.

L. Kiepert, Tabelle der wichtigsten Formeln aus der Integralrechnung. gr. 8°. 47 S. Hannover, Helwing 1903. 0,50 M.

Notiz.

In einem Referate: „Eisenprüfapparat für ganze Blechtafeln" in *dieser Zeitschr.* ***23.*** *S. 225. 1903* findet sich folgender Satz: „Seitdem nun durch den Verband Deutscher Elektrotechniker die Eisenuntersuchung nach dieser Methode vorgeschrieben worden ist, sind mehrere Apparate für diesen Zweck konstruiert worden. Der erste und älteste Apparat rührt von Epstein her".

Dies trifft nicht zu. Die Untersuchung der Eisenbleche durch Messung des Wattverbrauches wird bei der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft schon seit dem Jahre 1891 ausgeführt und zwar mittels eines von v. Dolivo-Dobrowolsky angegebenen Apparates (*Elektrotechn. Zeitschr.* ***13.*** *S. 406. 1892*), bei welchem die zu untersuchende Probe zwischen zwei Jochstücke eingesetzt wird, welche die Wicklung tragen. Da hierbei eine beträchtliche Streuung auftritt, ist dieser Apparat nur zu vergleichenden Messungen gut zu verwenden. Ich habe daher einen anderen angegeben, der in einer Druckschrift der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft im Jahre 1899 zuerst veröffentlicht wurde, also ebenfalls noch vor dem Epsteinschen Apparat und noch vor dem Bestehen der „Hysteresis-kommission" des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Seine Einrichtung ist aus der 2. Auflage der genannten Druckschrift (vom Jahre 1902) und aus einer Abhandlung: „Die Abhängigkeit der Eisenverluste von der Kurvenform" (*Elektrotechn. Zeitschr.* ***22.*** *S. 52. 1901*) zu ersehen. Bei diesem ist keine die Berechnung der Feldstärke merklich beeinflussende Streuung vorhanden. Die Kraftlinien verlaufen in dem zu untersuchenden Muster geradlinig und parallel, und zu einem Muster sind nur 1,8 *kg* erforderlich, während bei dem Epsteinschen Apparat die Kraftlinien in dem zu untersuchenden Muster viermal um einen rechten Winkel gehen müssen und das Gewicht des Eisenmusters 10 *kg* beträgt. Bei dem Richterschen Apparat erfolgt die Magnetisierung der Blechtafeln nur in einer Richtung. Bei meinem wird ein Mittelwert aus Magnetisierungen in verschiedenen (zueinander senkrechten) Richtungen gewonnen, wenn die Blechtafel entsprechend zerschnitten wird.

Berlin, den 16. Juli 1903. *Dr. G. Benischke.*

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **Oktober 1903.** Zehntes Heft.

Optische Untersuchungen nach Hartmanns extrafokaler Blendenmethode. III.

Von

Dr. **Hans Lehmann** in München.

(Mitteilung aus der optisch-astronomischen Werkstätte von C. A. Steinheil Söhne.)

Einige frühere Untersuchungen, über welche in dieser Zeitschrift berichtet wurde (*diese Zeitschr.* ***22.*** *S. 103 u. 325. 1902*), hatten die genaue experimentelle Ermittlung der sphärischen Aberration zum Gegenstand, gleichviel ob dieselbe als durch rechnerische oder technische Mängel entstanden zu denken war. Es hatte sich hierbei gezeigt, daß die Hartmannsche Methode der Zonenprüfung durchaus geeignet ist, genannte Fehler mit einem bisher bei weitem nicht erreichten Grade von Genauigkeit experimentell zu bestimmen. Aus den Untersuchungen folgerten wir ferner, daß es uns immer möglich ist, die Zonenfehler von Objektiven mit Hülfe der „Retouche" so weit zu beseitigen, daß diese Objektive den rechnerisch an sie gestellten Anforderungen innerhalb des sekundären Spektrums vollständig genügen, ja daß es uns sogar möglich ist, Objektive herzustellen, welche mit monochromatischem Licht der Wellenlänge, für welche der Kugelgestaltfehler gehoben ist, einen Bildpunkt erzeugen, der dem beugungstheoretisch berechneten sehr nahe kommt, wenn ihn nicht erreicht.

Wie ich schon früher erwähnte, kann man nach Hartmanns Verfahren der extrafokalen Aufnahmen sämtliche Fundamentaleigenschaften eines Objektives feststellen. Der Vorteil der Methode beruht darin, daß an Stelle des sehr unsicheren Schätzens der Schärfe oder des Zusammenfallens von Punkten oder Linien eine einwandfreie lineare Messung tritt.

In letzter Zeit nun habe ich mich mit weiteren Untersuchungen nach Hartmanns Methode beschäftigt, und ich will im folgenden einige Resultate dieser Untersuchungen kurz mitteilen.

1. Ermittlung der Farbenkurve von Objektiven.

a) *Versuchsanordnung.* In seiner Abhandlung „Bemerkungen über den Bau und die Justierung von Spektrographen" (*diese Zeitschr.* ***20.*** *S. 17, 47. 1900*) sagt Hr. Prof. Hartmann auf *S. 57*:

„Unter Anwendung geeigneter Blenden erhält man durch extrafokale Aufnahmen die Brennweiten aller einzelnen Teile des Objektives und somit genau zahlenmäßig den Verlauf der Zonenfehler und des Astigmatismus. Nimmt man die extrafokalen Bilder nicht auf der photographischen Platte auf, sondern läßt sie auf den Spalt eines Spektrographen fallen, so erhält man gleichzeitig auch noch den Verlauf der Achromatisierung des Objektivs."

Hiernach bediente ich mich folgender Anordnung: Vor das zu prüfende Objektiv wurde eine Blende mit zwei kreisrunden Öffnungen gesetzt, deren Verbindungslinie parallel dem Spalt eines gut justierten Spektrographen läuft. Auf dem Spalt entwirft das Objektiv das Bild einer punktförmigen Lichtquelle. Wie früher, wurden dann durch Verschieben des Objektives oder des Spektrographen innerhalb und außerhalb des Fokus des zu prüfenden Objektives vom Spektrum der Lichtquelle zwei Aufnahmen gemacht, von denen sich jede infolge der Blendenwirkung als zwei korrespondierende Punktreihen darstellt. Die Platten werden wie früher bei Ermittlung der sphärischen Aberration mit dem Meßmikroskop ausgemessen und aus den erhaltenen Werten die Schnittpunkte der Strahlen bestimmter Wellenlängen auf der Achse berechnet.

Diese Anordnung ist sowohl für sehr lange als auch für ziemlich kurze Brennweiten anwendbar; vorausgesetzt ist nur, daß der Spektrograph möglichst frei von Bildkrümmung, Verzeichnung u. s. w. ist.

Man kann nach Hrn. Hartmann den Spektrographen auch entbehren, wenn man vor das zu prüfende Objektiv ein Objektivprisma setzt, sodaß seine brechende Kante parallel der Verbindungslinie der beiden Blendenöffnungen verläuft. Im übrigen wird dann genau so, wie oben angegeben, verfahren. Auch bei sehr kurzen Brennweiten von 8 bis 10 *cm* erreicht man nach dieser zweiten Methode schon recht brauchbare Resultate, wie ich mich des öfteren überzeugt habe. Hierbei ist die Versuchsanordnung die denkbar einfachste: Man macht das zu prüfende Objektiv einfach zum Kameraobjektiv eines photographischen Apparates und stellt vor dasselbe ein Prisma im Minimum der Ablenkung (am besten ein Crownprisma mit kleinem brechenden Winkel) und richtet das Ganze auf die Lichtquelle.

Will man jedoch bei kurzer Brennweite des zu prüfenden Objektives eine größere Genauigkeit in der Bestimmung der Farbenkurve erreichen, so macht man nach einem Vorschlage des Hrn. Prof. Hartmann das Objektiv zum Kollimatorobjektiv eines Spektrographen, dessen Kameraobjektiv jedoch eine erheblich längere Brennweite besitzt und dessen Fehler genau bestimmt sind. An Stelle des Spaltes kommt in diesem Falle die punktförmige Lichtquelle. Es wird dann die Farbenkurve des zu untersuchenden Objektives im quadratischen Verhältnis der Brennweiten des Kollimators und des Kameraobjektives vergrößert[1]).

Entgegengesetzt verfährt Hr. Dr. Eberhard[2]) bei der Ermittlung der Farbenkurve von Objektiven mit kurzer Brennweite: Er macht das zu prüfende Objektiv zum Kameraobjektiv eines Spektrographen, während das Kollimatorobjektiv eine so lange Brennweite hat, daß seine Farbenfehler vernachlässigt werden können (nach dem eben zitierten Satze) und nur die Zonenfehler des Prismas in Betracht gezogen werden müssen.

Als punktförmige Lichtquelle, als „künstlichen Stern", benutzte ich den Funken eines kleinen Induktoriums von 2 *cm* Funkenlänge, der zwischen zwei dachförmig abgeschrägten Elektroden aus Kadmium übersprang, wobei eine Kapazität von 300 *qcm* parallel geschaltet war. Die Schneiden der Elektroden lagen in der optischen Achse, sodaß das Wandern des Funkens in derselben erfolgte.

Bei größeren Brennweiten wurde noch ein Diaphragma von 0,5 *mm* Durchmesser vor den Funken gesetzt.

---

[1]) Über die verschiedenen Ableitungen dieser Tatsache siehe: Cornu, *Spectre normal du soleil. II. S. 35*; J. Hartmann, *Eders Jahrb. f. Photogr. 1902. S. 152*; H. Lehmann, *Zeitschr. f. wiss. Photogr. 1903. S. 48.*

[2]) G. Eberhard, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 82. 1903.*

Da die Lichtquelle sich in endlicher Entfernung befindet, so müssen die erhaltenen Differenzwerte Δb nach der von mir früher[1]) abgeleiteten Formel auf unendlichen Strahlengang reduziert werden, also

$$\Delta F = \left(\frac{a - F}{a}\right)^2 \cdot \Delta b,$$

worin F bei großem a nur als Näherungswert bekannt zu sein braucht.

Zur photographischen Fixierung der Spektren wandte ich als panchromatische Platte die Cyanin-Badeplatte an; von den käuflichen Plattensorten würde nur die rotempfindliche Platte von Lumière in Betracht kommen.

b) *Beispiele.* Als Beispiel möge die nach der ersten oben erwähnten Methode (mit Hülfe des Spektrographen) ermittelte Farbenkurve eines optischen Objektives mittlerer Brennweite $\left(\frac{O}{F} = \frac{95}{950}\ mm\right)$ dienen. In nebenstehender Fig. 1 ist diese Kurve aufgezeichnet und zwar so, daß die Ordinaten die Wellenlängen in $\mu\mu$ und die Abszissen die chromatischen Fokusdifferenzen darstellen.

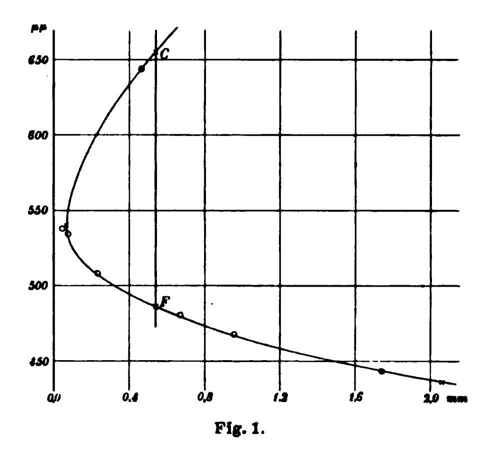


Fig. 1.

Hierbei wurden folgende Kadmiumlinien benutzt:

$\lambda = 644 \quad 538 \quad 534 \quad 508 \quad 480 \quad 468 \quad 442 \quad 398\ \mu\mu.$

Die diesen Wellenlängen entsprechenden Punkte sind durch Kreise, die berechneten durch Kreuze bezeichnet. Es zeigt sich, daß die beobachtete und die berechnete Farbenkurve sich sehr gut decken.

Vor allen Dingen geht aus der Beobachtung mit aller Schärfe hervor,

1. daß das untersuchte Objektiv für die den Fraunhoferschen Linien F und C entsprechenden Wellenlängen achromatisiert worden war;

2. daß der Scheitel der Farbenkurve bei der Wellenlänge 540 $\mu\mu$ liegt (dem Maximum der Empfindlichkeitskurve des menschlichen Auges), wie es die Theorie erfordert;

3. daß die Größe des sekundären Spektrums der Rechnung vollständig entspricht.

4. Ferner läßt sich bekanntlich aus der Form der Farbenkurve ein Schluß auf die zur Verwendung gelangten Glasarten ziehen, wenn man die fragliche Kurve mit denen anderer Glasarten vergleicht. Es ergibt sich aus Fig. 1, daß ein Silikat-Crown und ein Leichtflint verwendet wurden; beide Gläser stammten aus dem Steinheilschen Glaswerk.

2. Eine neue Methode der Glas-Bestimmung und mittelbaren Brennweiten-Bestimmung an Linsen.

a) *Prinzip und Versuchsanordnung.* In der Praxis ereignet es sich bisweilen, daß die Kenntnis von Brechungsexponenten von Linsen verloren geht. Für derartige Fälle habe ich eine Methode ausgearbeitet, die eine hinreichend genaue Glas-Bestimmung an Linsen ermöglicht, ohne daß diese wie bisher unter Zeit- und Material-Verlust zu Prismen für die Messung am Spektrometer umgearbeitet zu werden brauchen.

[1]) *A. a. O. S. 326.*

Das Prinzip dieser Methode beruht kurz auf folgender Tatsache:

Linsen gleicher Brennweite besitzen für Strahlen eines gleichen Spektralgebietes je nach der Glasart eine ganz bestimmte Fokusdifferenz.

Bezeichnet man also mit F die Brennweite, mit n den Brechungsexponenten und mit R_0 und R_2 die Radien einer Linse geringer Dicke, so gilt die bekannte Formel

$$\frac{1}{F} = (n-1) \cdot \frac{R_2 - R_0}{R_0 R_2} = \frac{n-1}{A}.$$

Für das Intervall von n_C bis n_F, welches man die mittlere Dispersion genannt hat, folgt dann nach Umformung

$$\frac{1}{n_F - 1} = F_F \cdot \frac{1}{A},$$

$$\frac{1}{n_C - 1} = F_C \cdot \frac{1}{A},$$

woraus sich durch Subtraktion ergibt

$$\frac{(n_F - 1)(n_C - 1)}{n_F - n_C} = \frac{A}{\Delta F_{F-C}} \quad \text{. . . . . 1a)}$$

Hier bedeutet ΔF die chromatische Fokusdifferenz $F_F - F_C$, die natürlich bei Sammellinsen negativ ist.

Die experimentelle Ermittlung von ΔF geschieht nach einer der oben beschriebenen Methoden zur Untersuchung der Farbenkurven von Objektiven. Bei Linsen kurzer Brennweite verfuhr ich auch hier einfach so, daß ich die Linse zum Kameraobjektiv eines photographischen Apparates machte, vor die mit der Blende versehene Linse ein Prisma stellte und so einen 5 bis 10 m entfernten Induktionsfunken photographierte. Bei dieser Versuchsanordnung ist jedoch ganz besonders darauf zu achten, daß die chromatische Fokusdifferenz ΔF nicht durch Bildkrümmung entstellt wird, welche bei gewissen Formen der einfachen Linse ganz besonders stark auftritt. Da hier lediglich die mittlere Dispersion von C bis F eine Rolle spielt, so eliminiere ich die Bildkrümmung dadurch, daß ich die in der Nähe von C und F liegenden Spektrallinien des Funkens symmetrisch zur optischen Achse auf die photographische Platte fallen lasse (beim Kadmiumfunken $\lambda = 644$ und 480). Nebenstehende Fig. 2 erläutert diese Tatsache in schematischer Weise. F und C mögen die Fokalflächen der Linse L für die Strahlen der Wellenlänge F und C darstellen. Dann wird Δ_0 die Fokusdifferenz $\overline{F_0 C_0}$ in der Achse sein. Lassen wir nun von einem Spektrum mit der mittleren Dispersion $2\,\alpha^0$ den Strahl C z. B. in der optischen Achse verlaufen, so wird der Bildpunkt in C_0 liegen, während der für den Strahl F nach F_2 kommt. In diesem Falle nun wird man nach der Hartmannschen Methode eine um Δ' zu große Fokusdifferenz finden. Dreht man aber das ganze Spektrum um α^0 nach links, daß die Bildpunkte in C_1 und F_1, d. h. symmetrisch zur optischen Achse liegen, so erhält man für ΔF einen Wert, der sich von dem wahren Werte nur durch eine kleine Größe höherer Ordnung unterscheidet.

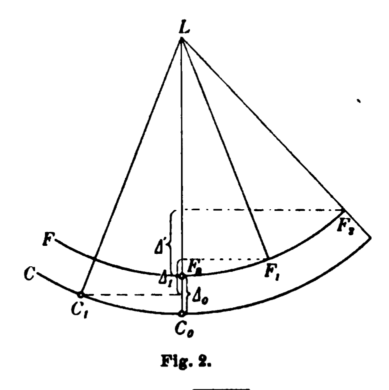


Fig. 2.

Auch bei Anwendung eines Spektrographen, wie oben beschrieben, empfiehlt sich diese symmetrische Lage des Spektralgebietes von C bis F. Bei Linsen mit langen Brennweiten wird man wohl überhaupt den Spektrographen zu Hülfe nehmen

müssen, wenn nicht ein Prisma von geringer Dispersion (Objektivprisma u. s. w.) zur Verfügung steht, da sonst das Spektrum eine zu große Ausdehnung erlangt.

Bei der numerischen Auswertung der gemessenen Spektrogramme wird man natürlich sämtliche Spektrallinien berücksichtigen, indem man der Farbenkurve der einfachen Linse einen mathematischen Ausdruck gibt. Hierzu reicht die parabolische Funktion

$$\Delta = a\lambda + b\lambda^2$$

vollständig aus, worin Δ die Fokusdifferenzen und a und b Konstanten bedeuten.

Auch die Hartmannsche Formel

$$\Delta = \Delta_0 + \frac{C}{\lambda_0 - \lambda},$$

worin Δ_0, C und λ_0 Konstanten sind, wird bei nicht allzu starker Bildkrümmung gute Dienste leisten.

Aber immer muß man sich bewußt bleiben, daß nur das Δ Geltung hat, welches sich aus symmetrisch zur optischen Achse liegenden Strahlen ergibt.

Die Ermittlung der in obiger Formel 1a) vorkommenden Radienkonstanten

$$A = \frac{R_0 R_2}{R_2 - R_0}$$

geschieht mittels des Sphärometers oder nach anderen Methoden, und die Erreichung der erforderlichen Genauigkeit hierbei bietet keine Schwierigkeiten.

Durch ΔF und A ist nun der Ausdruck

$$\frac{(n_F - 1)(n_C - 1)}{n_F - n_C} = k$$

auf der linken Seite der Gleichung 1a) gegeben. Der numerische Wert dieses Ausdruckes ist, wie man leicht sieht, im allgemeinen die Hälfte der reziproken relativen Dispersion ν. Man kann nämlich in erster Annäherung setzen

$$(n_F - 1)(n_C - 1) = (n_D - 1)^2,$$

sodaß man hat

$$(n_D - 1) \cdot \frac{n_D - 1}{\Delta n} = (n_D - 1) \cdot \nu = k'.$$

Es hat sich nun gezeigt, daß für die Linsenkonstante k die Beziehung gilt

$$k = k' + 0{,}2,$$

sodaß man die Gleichung 1a) auch schreiben kann

$$k = (n_D - 1) \cdot \nu + 0{,}2 = \frac{A}{\Delta F_{F-C}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 1\text{b})$$

Mit der Linsenkonstanten k geht man nun in die bekannten Tabellen der Brechung und Dispersion von optischen Gläsern ein, nachdem man sich zuvor aus diesen Tabellen für jede Glasart k berechnet hat.

Zwischenwerte kann man durch Interpolation ermitteln.

Man kann die Näherungsformel 1b) auch mit Hülfe der Differentialrechnung ableiten.

Aus

$$\frac{1}{F} = (n_D - 1) \cdot \frac{R_2 - R_0}{R_0 \cdot R_2} = (n_D - 1) \cdot \frac{1}{A}$$

folgt

$$\left.\begin{aligned} F &= \frac{A}{n_D - 1} \\ dF &= -\frac{A \cdot dn}{(n_D - 1)^2} \end{aligned}\right|$$

Aus diesen simultanen Gleichungen leiten sich nun folgende Formeln ab:

$$\nu (n_D - 1) = -\frac{A}{dF} \quad \ldots \quad 1)$$

$$\frac{F}{dF} = -\nu \quad \ldots \quad 2)$$

$$dn = -\frac{dF \cdot A}{F^2} \quad \ldots \quad 3)$$

$$dn = -\frac{A}{dF \cdot \nu^2} \quad \ldots \quad 4)$$

Die Formel 1) ist identisch mit 1b), nur daß dort noch eine empirisch ermittelte Korrektion 0,2 auf der linken Seite addiert wird. Das negative Vorzeichen bedeutet hier, daß n und F sich entgegengesetzt ändern. Die Beziehungen 1) bis 4) sind paarweise identisch und können gegenseitig als Kontrollformeln dienen.

Entnimmt man z. B. aus den Glastabellen das der ermittelten Linsenkonstanten k entsprechende ν, so kann man nach Formel 2) die *mittlere Brennweite* der Linse berechnen u. s. w.

Nachdem man die Glas-Bestimmung nach dem erwähnten Prinzip ausgeführt hat, kann man die *genaue Brennweite* der Linse für Achsenstrahlen unter Berücksichtigung der Linsendicke d *für jedes beliebige* n des nunmehr bekannten Glases nach der Formel

$$F = \frac{n \cdot R_0 \cdot R_2}{(n-1)\,[n\,(d - R_0 + R_2) - d]} \quad \ldots \quad 5)$$

berechnen.

Diese Methode der Brennweiten-Bestimmung ist also eine mittelbare, aber ihre Genauigkeit dürfte die aller bisher bekannten Methoden bei weitem übertreffen. Über den Grad der Genauigkeit siehe Abschnitt c).

Die für die Glas-Bestimmung in Betracht kommenden Beziehungen sind unter Vernachlässigung der Linsendicke abgeleitet worden. Eine einfache Überlegung zeigt in der Tat, daß der Einfluß dieser Vernachlässigung auf den numerischen Wert der Fokus-*Differenz* ΔF praktisch unbedeutend ist. Nur bei ganz abnorm großen Dicken (im Verhältnis zur Brennweite) wird man eine der Beziehung 3) analoge Formel aus obiger Gleichung 5) ableiten und mit der so berechneten mittleren Dispersion dn in die Glastabellen eingehen. Hierbei ist jedoch die Kenntnis der mittleren Brennweite von vornherein nötig[1]). Ich verzichte jedoch an dieser Stelle auf die Ableitung dieser praktisch weniger wichtigen Formeln.

Will man die Glasart einer *Zerstreuungslinse* bestimmen, so verfährt man folgendermaßen. Die zu untersuchende Zerstreuungslinse wird mit einer Sammellinse, deren Konstanten vollständig bekannt sind, zu einem System vereinigt, und zwar wählt man die Brennweite der Sammellinse so, daß das Gesamt-System eine bequeme Brennweite erhält. Alsdann verfährt man bei der Prüfung genau so, wie oben bei der Sammellinse allein verfahren wurde. Man erhält dann die Farbenkurve des Gesamtsystems, wobei die Fokusdifferenz $(F_C - F_F) = \Delta F$ wieder dieselbe wichtige Rolle spielt. Um nun aus diesem ΔF des Gesamtsystems das ΔF_2 der Zerstreuungslinse abzuleiten, bediene ich mich folgender Näherungsformeln.

Es sei F_1 die nach Voraussetzung bekannte Brennweite der Sammellinse, F_2 die

[1]) Über eine neue Methode der unmittelbaren Brennweiten-Bestimmung im Laboratorium werde ich später berichten.

unbekannte der Zerstreuungslinse und F die ebenfalls unbekannte des Gesamt-Systems. Dann gilt (für geringe Dicken des Systems) die Beziehung

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 6)$$

Durch Differenzierung erhält man

$$\frac{dF}{dF_1} = \left(\frac{F}{F_1}\right)^2,$$

daraus folgt

$$F = \pm F_1 \sqrt{\frac{dF}{dF_1}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 7)$$

In unserem Falle hat das Gesamtsystem (nach der Versuchsanordnung) eine positive Brennweite, also gilt nur das obere Zeichen. Hierin ist nun für dF das nach unserer Methode ermittelte ΔF des Systems, und dF_1 das ebenfalls experimentell ermittelte oder mit Hülfe der Konstanten berechnete ΔF_1 der Sammellinse zu setzen.

Aus obiger Gleichung 6) folgt ferner durch Differenziation

$$\frac{dF}{dF_2} = \left(\frac{F_1 - F}{F_1}\right)^2.$$

Aus dieser Formel findet man endlich dann ΔF_2 der Zerstreuungslinse unter Berücksichtigung von 7) zu

$$\Delta F_2 = \Delta F \cdot \left(\frac{F_1}{F_1 - F}\right)^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 8)$$

Hat man die Radienkonstante A der Zerstreuungslinse ermittelt, so findet man nach Formel 1a) oder 1b) die Linsenkonstante k und aus den Tabellen die Brechung und Dispersion.

Ist die Dicke des Gesamt-Systems beträchtlich, so bestimmt man dieselbe, indem man mit dem Dickenmesser die Dicken der Einzellinsen und des Systems mißt. Die Dicke eines Doppelsystems ist bekanntlich der Abstand des hinteren Hauptpunktes der einen Komponente von dem vorderen Hauptpunkte der anderen Komponente. Unter Berücksichtigung der Linsenformen gelingt es immer, diese Dicke auch ohne Kenntnis der Glasarten so genau zu bestimmen, als es unsre Untersuchung erfordert. Anstatt von obiger Formel 6) geht man jetzt von der genaueren aus

$$F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2 - d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 6a)$$

und bildet analoge Formeln wie 7) und 8).

Findet sich für das Gesamt-System $\Delta F_{F-C} = 0$, so kann man die Formeln 7) und 8) nicht anwenden. In diesem Falle eines für C und F achromatisch korrigierten Objektives verfährt man so, wie es im Abschnitt über „Rekonstruktion von Objektiven" weiter unten angegeben ist.

b) *Beispiele.* Eine Sammellinse von etwa 13 *cm* Brennweite wurde nach oben beschriebener Methode untersucht. Vor die mit der zweifach durchlochten Blende versehene Linse wurde ein Prisma mit guten Flächen gesetzt und damit der etwa 5 *m* entfernte Kadmiumfunken photographiert. Die Spektren wurden dann mit einem Meßmikroskop von O. Töpfer in Potsdam ausgemessen und durch Rechnung die Fokusdifferenzen der verschiedenen Wellenlängen gebildet. Zeichnet man diese Fokusdifferenzen Δ als Abszissen und die Wellenlängen als Ordinaten auf, so erhält man die Dispersionskurve des Glases der Linse, welche sich mit genügender Annäherung durch die parabolische Funktion

$$\lambda = a\Delta + b\Delta^2$$

ausdrücken läßt, worin die Konstanten a und b an 10 Kadmiumlinien nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt wurden[1]). Mit Hülfe dieser Formel ergab sich für das Intervall von C bis F für die Fokusdifferenz der Wert

$$\Delta F = 2{,}210 \; mm.$$

Ferner folgte aus den Radien der Linse

$$\log A = 1{,}83451.$$

Diese beiden Größen ergaben nach Formel 1a) die Linsenkonstante

$$k = \frac{(n_F - 1)(n_C - 1)}{n_F - n_C} = \frac{A}{\Delta F} = 30{,}912.$$

Mit dieser Konstanten sucht man nun in einer bekannten Tabelle die Glasart der Linse; im folgenden ist eine solche Tabelle mitgeteilt, es ist ein Auszug aus dem Verzeichnis unseres Glaswerkes.

k	Typus	ν	n_D	Δ_a
34,81	Schwerstes Barium-Crown .	56,8	1,6090	0,01073
32,74	Borosilikat-Crown	64,8	1,5035	0,00779
32,29	Schweres Barium-Crown . .	56,0	1,5724	0,01022
32,15	Barium-Crown	59,3	1,5390	0,00910
31,89	Borosilikat-Crown	62,3	1,5082	0,00815
31,76	Borosilikat-Crown	62,1	1.5078	0,00817
31,07	Kalk-Silikat-Crown . . .	60,3	1,5119	0,00849
31,07	Zink-Crown	58,1	1,5314	0,00915
30,91	Silikat-Crown	59,9	1,5130	0,00857
30,87	Silikat-Crown	59,6	1,5144	0,00863
30,34	Silikat-Crown	58,3	1,5170	0,00887
29,09	Baryt-Leichtflint	50,6	1,5708	0,01129
28,22	Crown mit hoher Dispersion .	53,9	1,5199	0,00965
28,04	Borosilikat-Flint	50,5	1,5512	0,01092
27,66	Silikat-Glas	51,1	1,5373	0,01052
27,47	Crown mit hoher Dispersion .	52,1	1,5228	0,01003
26,41	Silikat-Glas	48,9	1,5360	0,01097
26,16	Extra Leichtflint	47,3	1,5490	0,01162
24,75	Baryt-Leichtflint	39,8	1,6151	0,01545
24,19	Leichtflint	41,4	1,5780	0,01395
23,16	Leichtflint	37,7	1,6073	0,01610
23,08	Silikat-Flint	36,7	1,6191	0,01688
22,94	Silikat-Flint	37,0	1,6136	0,01660
22,05	Schweres Silikat-Flint . . .	33,6	1,6489	0,01984

Die Gläser sind hier nach der Linsenkonstanten k geordnet. Man sieht, daß diese Reihenfolge von der nach ν geordneten sich etwas unterscheidet, weil in k die Brechung in höherem Maße zur Geltung kommt als bei ν.

Für unser Beispiel ergibt sich aus der Tabelle als Wert, welchem der berechnete am nächsten kommt, 30,91; die Linse besteht also aus einem Silikat-Crown.

c) *Genauigkeit der Methode.* Hierbei sind zwei Faktoren zu berücksichtigen, der mittlere Fehler $d\Delta F$ bei der Ermittlung der Fokusdifferenz ΔF und die mittlere Differenz dk der in wachsendem k aufgezeichneten Glastabelle. Aus dem Verhältnis dieser beiden Größen kann man die Genauigkeit unserer Methode der Glasbestimmung

[1]) Bei Anwendung eines verzeichnungsfreien Spektrographen kann man sich auf *graphische* Interpolation beschränken.

ersehen. Nun habe ich schon früher (*diese Zeitschr. 22. S. 325. 1902*) gezeigt, daß man die Fokusdifferenz ΔF bei einem Öffnungsverhältnis von $^1/_{20}$ mit einer Genauigkeit von $\pm$ 3 Hunderttausendsteln der Brennweite bestimmen kann. Es ist also

$$d\frac{\Delta F}{F} = \pm 0{,}00003.$$

Aus Formel 1a)

$$k = \frac{A}{\Delta F}$$

und

$$F = \frac{A}{n-1}$$

folgt nun

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{n-1}{k}.$$

Durch Differenzierung ergibt sich daraus

$$dk = d\frac{\Delta F}{F} \cdot \frac{k^2}{n-1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 9)$$

Setzt man hierin für k und $n-1$ ihre mittleren Werte, 28 bezw. 0,5, so erhält man

$$dk = \pm \frac{0{,}00003 \cdot 28^2}{0{,}5} = \pm 0{,}05.$$

Aus unserer Tabelle folgt aber als Mittel für $dk = 0{,}56$. Nun umfaßt diese Tabelle noch nicht alle bekannten Gläser; aus einer solchen Tabelle, welche alle wichtigen Typen enthält und etwa dreimal umfangreicher ist als obige, berechnet sich

$$dk = 0{,}25.$$

Hieraus geht hervor, daß *die Genauigkeit der Hartmannschen extrafokalen Methode zur Glasbestimmung an Linsen nach dem beschriebenen Prinzip vollständig ausreicht.*

In denjenigen Fällen, wo mehreren Gläsern dasselbe k zukommt, bedient man sich der Formeln 2) bis 4) zur Ermittlung der Glasart, indem man vorher die mittlere Brennweite der Linse experimentell bestimmt.

3. Rekonstruktion von Objektiven.

a) *Prinzip.* Um ein Objektiv „rekonstruieren", d. h. den Strahlengang in ihm rechnerisch verfolgen zu können, ist die Kenntnis seiner Konstanten nötig. Diese Konstanten sind einmal die Radien, Dicken und Abstände der Einzellinsen, welche Größen mit Sphärometer und Dickenmesser leicht ermittelt werden können. Ferner ist die Kenntnis der Brechungsexponenten der Gläser von besonderer Wichtigkeit.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich zunächst auf ein zweiteiliges Objektiv, welches bekanntlich aus einer Sammel- und einer Zerstreuungslinse besteht. Ist dieses Objektiv ein photographisches, so wird man für ΔF_{F-G} aus seiner Farbenkurve einen endlichen Wert finden; indem man dann noch aus der Farbenkurve der Sammellinse ΔF_2 ermittelt, kann man nach oben beschriebener Methode die Glasarten der Einzellinsen bestimmen. Ist das Objektiv ein optisches, d. h. vereinigt es die dem Auge heller erscheinenden Strahlen, so kann seine Farbenkurve auch noch einen zwar kleinen, aber endlichen Wert geben. In den meisten Fällen wird jedoch ein optisches Objektiv für F und C chromatisch korrigiert sein. In diesem Falle ergibt sich für ΔF der Wert 0.

Nachdem man also diese letztere Tatsache aus der experimentellen Untersuchung der Farbenkurve festgestellt hat, sucht man noch auf dieselbe Weise die Farbenkurve der Sammellinse allein, findet ΔF_1 und daraus die Glasart der Sammel-

linse. Um nun auch die Glasart der Zerstreuungslinse zu finden, bildet man für die beiden Linsen die Krümmungsdifferenzen, für welche die Formeln eines achromatischen Systems gelten

$$\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_2} = K_1 = \frac{1}{F} \cdot \frac{1}{dn_1} \cdot \frac{1}{\nu_1 - \nu_2}$$

$$\frac{1}{R_4} - \frac{1}{R_6} = K_2 = -\frac{1}{F} \cdot \frac{1}{dn_2} \cdot \frac{1}{\nu_1 - \nu_2}.$$

Durch Division folgt hieraus

$$\frac{K_1}{K_2} = -\frac{dn_2}{dn_1}$$

und

$$dn_2 = -dn_1 \cdot \frac{K_1}{K_2} \qquad \text{10)}$$

Hieraus findet man die mittlere Dispersion dn_2 der Glasart der Zerstreuungslinse und aus der Tabelle die Glasart selbst.

Zur Kontrolle können noch folgende Formeln dienen. Für ein achromatisches System gilt zwischen den Einzelbrennweiten die Beziehung

$$\frac{F_1}{F_2} = -\frac{\nu_2}{\nu_1} \qquad \text{11)}$$

Ferner folgt aus

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$$

durch Differenziation

$$\frac{\Delta F_1}{\Delta F_2} = -\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 = \left(\frac{\nu_2}{\nu_1}\right)^2 \qquad \text{12)}$$

Daraus kann man ΔF_2 der Zerstreuungslinse berechnen und die Linsenkonstante k ermitteln.

b) *Beispiele.* Von einem optischen Objektiv von etwa 40 *cm* Brennweite wurde die Farbenkurve ermittelt und festgestellt, daß das Objektiv für F und C achromatisch war. Die Form der Farbenkurve war dieselbe wie die auf *S. 291* gezeichnete. Das Prüfungsresultat der Sammellinse ist bereits auf *S. 296* mitgeteilt. Es ergibt sich nun nach Formel 10)

$$dn_2 = -dn_1 \cdot \frac{K_1}{K_2} = 0{,}01385$$

$$dn_1 = 0{,}00857$$

$$\log \frac{K_1}{K_2} = 0{,}20845.$$

Daraus findet man aus der Tabelle für die Zerstreuungslinse *Leichtflint* mit der reziproken relativen Dispersion $\nu = 41{,}4$ und der Brechung $n_D = 1{,}5780$.

Es ist einleuchtend, daß man nach den beschriebenen Methoden auch *mehrlinsige Objektive* rekonstruieren kann, indem man die Zerstreuungslinsen immer in Verbindung mit einer geeigneten Sammellinse untersucht.

---

4. Über parabolische Hohlspiegel.

In neuerer Zeit hat man sich bei gewissen astrophysikalischen Untersuchungen wieder des Reflektors bedient, und zwar bei der Beobachtung von solchen himmlischen Objekten, welche eine beträchtliche Helligkeit und ein großes Auflösungsvermögen des optischen Apparates erfordern. So hat man mit Erfolg mit Hülfe von Reflektoren sehr enge Doppelsterne, Kometen und Nebel photographiert. Von ganz besonderem Werte aber verspricht der Reflektor für spektralanalytische Untersuchungen der lichtschwächeren Objekte am Himmel zu werden.

Der Vorzug des parabolischen Hohlspiegels vor dem astronomischen Objektiv liegt in der großen praktisch erreichbaren relativen Öffnung oder Helligkeit auf Grund der vollständigen chromatischen und sphärischen Aberrationsfreiheit des Paraboloids für achsenparallele Strahlen. Das moderne astronomische Objektiv, „das Objektiv ohne sekundäres Spektrum“ oder richtiger „mit vermindertem sekundären Spektrum“, läßt sich bekanntlich wegen der störenden sphärischen Aberration nur bis zu einem Öffnungsverhältnis von $O/F = 1/_{20}$ oder höchstens $1/_{15}$ ausführen. Wenn man daher in Betracht zieht, daß man schon Spiegel bis zu einem Öffnungsverhältnis $O/F = 1/_{1,5}$ mit leidlichem Erfolg herzustellen versucht hat, so findet man, daß schon aus beugungstheoretischem Grunde Spiegel ein etwa zehnmal so großes Auflösungsvermögen haben können als gute Objektive.

Alle diese Vorzüge des parabolischen Spiegels gelten aber nur für achsenparallele Strahlen, indem namentlich bei Spiegeln mit großem Öffnungsverhältnis der Astigmatismus, die Bildkrümmung und vor allem die „Verzerrung“[1]) sehr stark mit dem Bildwinkel wächst, sodaß diese Spiegel nur bis zu einem Bildwinkel von wenigen Graden oder gar Minuten, je nach der relativen Öffnung[2]), mit Vorteil zu gebrauchen sind, während hierin ein astronomisches Objektiv dem Spiegel ganz bedeutend überlegen ist.

Von sehr großer Bedeutung ist beim Objektiv die Lichtabsorption durch die Glasmasse, welche mit der Linsendicke so stark werden kann, daß der durch die Vergrößerung der absoluten Öffnung erreichte Gewinn an Helligkeit infolge der dadurch bedingten Vergrößerung der Linsendicken größtenteils wieder aufgehoben wird. Es ist also der Mächtigkeit eines Refraktors durch das Gesetz der Absorption ein Ziel gesetzt, während die Konstruktion eines Reflektors in weiten, lediglich durch die Gesetze der Statik gezogenen Grenzen möglich ist.

Während nun in der Zeit vor der Vervollkommnung des Refraktors Spiegel mit nur mäßig großer relativer Öffnung in Gebrauch waren (meist nur $1/_{15}$ bis $1/_{20}$ und noch weniger), ist man jetzt aus den oben dargelegten Gründen bestrebt, Spiegel mit sehr großem Öffnungsverhältnis herzustellen.

Begreiflicherweise stellt diese Aufgabe die höchsten Anforderungen an die Technik, wenn man erwägt, daß die Kugelfläche die einzige optische Fläche ist, die sich technisch in rationeller Weise so herstellen läßt, daß ihre Abweichungen von der theoretischen Fläche von der Größenordnung der Lichtwellenlängen sind.

Wohl hat man in neuerer Zeit, anscheinend mit gutem Erfolg, parabolische Spiegel mit großer relativer Öffnung hergestellt, jedoch fehlen überall zahlenmäßige Angaben, inwieweit die Vereinigungsweiten aller Zonen übereinstimmen. Letztere Tatsache hat ihren Grund darin, daß bisher eine Methode fehlte, diese Messungen mit genügender Genauigkeit vorzunehmen. So geben wohl die „Messerschneidenmethode“ oder die Methode des sphärischen Probeglases (unter Beobachtung der Interferenzkurven gleicher Neigung) recht brauchbare Aufschlüsse über die Beschaffenheit der optischen Fläche, aber genaue zahlenmäßige Werte, und zwar am Bildorte selbst (und das ist besonders wertvoll), liefert erst die **Hartmann**sche extrafokale Blendenmethode.

---

[1]) „Verzerrung“ nennt man auch die Nichterfüllung der Sinus-Bedingung, indem die Brennweite von der Mitte nach dem Rand zu nicht konstant bleibt, sodaß selbst ein *Flächenelement* in der Achse durch die verschiedenen Zonen des Spiegels verschieden groß abgebildet wird.

[2]) Soll z. B. ein parabolischer Spiegel mit der Brennweite 1500 *mm* Doppelsterne mit dem Abstand 3″ gerade noch trennen, so kann sein Gesichtsfeld höchstens betragen

bei einer relativen Öffnung $1/_6$: 0° 56′ oder 25 *mm* Durchmesser
„ „ „ „ $1/_4$: 0° 25′ „ 11 „ „ .

Wir haben nun an der Hand dieser Methode den Versuch gemacht, einige parabolische Hohlspiegel größerer Öffnung herzustellen, und da die Resultate recht günstig ausgefallen sind, so will ich an dieser Stelle kurz darüber berichten.

Die Anwendung der Hartmannschen Methode auf Spiegel ist insofern etwas schwieriger, als wegen des geringen Bildwinkels des Spiegels eine sehr genaue Zentrierung desselben erforderlich ist. Die Spiegel werden natürlich unversilbert geprüft.

Zwei Spiegel vom Öffnungsverhältnis $\frac{O}{F} = \frac{120}{720}$ *mm* und $\frac{250}{1500}$ *mm*, also beide von der relativen Helligkeit $1/_6$, wurden nach der genannten Methode von mir untersucht. Der kleinere gab gleich bei der ersten Prüfung ein hinreichendes Resultat, während der größere erst nach der dritten Bearbeitung das erwünschte Ergebnis

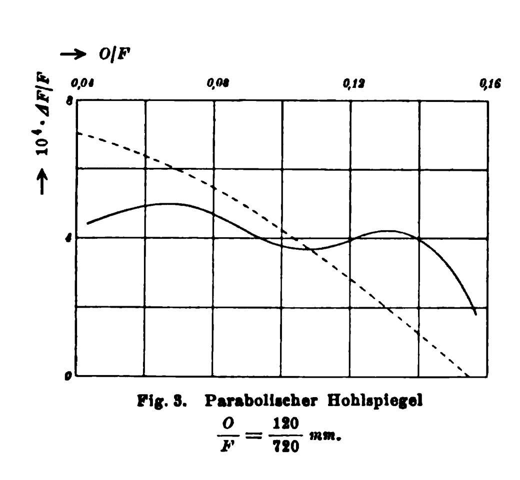


Fig. 3. Parabolischer Hohlspiegel $\frac{O}{F} = \frac{120}{720}$ *mm*.

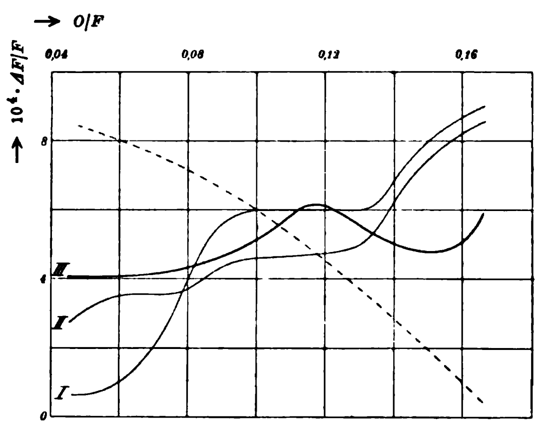


Fig. 4. Parabolischer Hohlspiegel $\frac{O}{F} = \frac{250}{1500}$ *mm*.

zeigte. Die obigen Fig. 3 und 4 geben ein Bild von der Leistungsfähigkeit der beiden Spiegel. Hierbei sind als Ordinaten die experimentell ermittelten Fokusdifferenzen ΔF in Zehntausendsteln der Brennweite aufgetragen, während als Abszissen die Öffnungen der einzelnen Zonen in Einheiten der Brennweite gezeichnet sind. Die gestrichelten Kurven stellen die sphärischen Aberrationen der ursprünglichen Kugelspiegel dar.

Folgende Tabelle gibt die absoluten Werte der Fokusdifferenzen wieder.

Spiegel $\frac{O}{F} = \frac{120}{720}$

Prüfung I.

Zone	ΔF *mm*
1	+ 0,077
2	+ 0,123
3	+ 0,044
4	+ 0,064
5	— 0,053

$B_{md} = 0,0069$

$A = 0,58$

Spiegel $\frac{O}{F} = \frac{250}{1500}$

Prüfung III.

Zone	ΔF *mm*
1	— 0,172
2	— 0,169
3	— 0,148
4	— 0,072
5	+ 0,117
6	+ 0,038
7	— 0,090
8	+ 0,080

$B_{md} = 0,0107$

$A = 0,43$

Hierbei sind die ΔF von der Einstellungsebene aus gerechnet, welche unter Berücksichtigung der Helligkeit der Zonen unter einander und der durch dieselben erzeugten Zerstreuungskreise rechnerisch ermittelt wird. Hieraus ergibt sich ein mittlerer (geometrischer!) Bildpunkt[1]), welcher in obiger Tabelle mit B_{md} bezeichnet ist. Setzt man nun, wie ich früher[2]) gezeigt habe, diesen mittleren Bildpunkt B_{md} in Beziehung zur Brennweite und relativen Öffnung des Spiegels, so folgt hieraus eine Größe, die ich die *„technische Konstante A"* des optischen Apparates genannt habe und welche in Bezug auf das Auflösungsvermögen desselben eine bequeme Vergleichung mit anderen optischen Apparaten gestattet. Man bildet also

$$A = \frac{B_{md}}{F} \cdot \frac{F}{O} \cdot 10^4 = \frac{B_{md}}{O} \cdot 10^4 .$$

Diese Konstante ist bei obigen Spiegeln bei voller Öffnung derselben 0,58 bezw. 0,43. Bei Abblendung des kleineren bis $O/F = 1/_{8,5}$ ergibt sich sogar $A = 0,22$.

Für gute (noch nicht retouchierte) astronomische Objektive mittlerer Größe hatte ich aus meinen bisherigen Messungen im Mittel die Konstante $A = 1,00$ gefunden. Laut Rechnung haben aber diese Objektive die sphärische Aberration Null, wenigstens für eine bestimmte Farbe, für die auch die Prüfung erfolgte.

Hieraus geht hervor, daß die im Verhältnis zu denen der obigen Spiegel beträchtliche Konstante 1,0 als durch geringe, schwer vermeidbare technische Mängel entstanden zu erklären ist, was bei den (wenigstens) vier optischen Flächen eines Objektives ganz begreiflich erscheint. Es summieren sich also bei Objektiven die an sich geringen Zonen- und Zentrierungsfehler der einzelnen Flächen und Linsen, während bei Spiegeln nur eine einzige Fläche in Betracht kommt und vor allem die Beeinflussung des Strahlenganges durch die mehr oder weniger homogene Glasmasse selbst vollständig wegfällt. „Astigmatismus in der Achse" war bei beiden Spiegeln nicht vorhanden.

Das Bestreben einer weiteren Bearbeitung des größeren Spiegels wird darauf gerichtet sein, die größte Zone 5 (+ 0,117 *mm*) zu beseitigen, in der Weise, wie wir es früher[3]) durch Retouchierung eines 6-Zöllers gezeigt haben.

Die Versuche werden mit Spiegeln größerer absoluter und relativer Öffnung fortgesetzt.

Kompensationsapparat mit Mefsbrücke.

Von

Mechaniker **Otto Wolff** in Berlin.

Die neuere Ausführungsform des Feussnerschen Kompensators, die in *dieser Zeitschr. 21. S. 227. 1901* beschrieben wurde, hat im Laufe der Zeit eine sehr große Verbreitung gefunden. Die Handhabung des Apparates ist eine einfache, bequeme und zuverlässige; denn alle Schaltungen erfolgen nur durch Drehen von Kurbeln,

[1]) Über die wirkliche Größe der Bildpunkte können nur Sternaufnahmen Aufschluß geben. Näherungsweise kann wohl für unsern Spiegel von 1500 *mm* Brennweite gelten

Geometrischer Bildpunkt	0,0107 *mm*
Beugungsscheibchen (für schwächere Sterne) .	0,0032 „
Wirklicher Bildpunkt	0,0139 *mm*,

sodaß die Grenze des Auflösungsvermögens 1,9″ betragen dürfte, d. h. schwächere Doppelsterne von 1,9″ Abstand werden nahe der Achse des Spiegels noch getrennt erscheinen. Über die experimentelle Bestätigung dieser Annahme wird demnächst berichtet werden.

[2]) *A. a. O. S. 327.*

[3]) *A. a. O. S. 105.*

das „Austauschen" der Widerstände geschieht automatisch, sodaß Irrtümer, wie sie bei den älteren Apparaten durch falsches Stöpseln leicht vorkommen konnten, vollkommen vermieden werden, und das Resultat kann man sofort ohne Rechnung aus der Kurbelstellung ablesen und zwar bei Benutzung eines Spannungsgefälles von 1 Volt auf 10000 Ohm ohne weiteres bis auf hunderttausendstel Volt. Auf Anregungen aus meinem Kundenkreise hin habe ich nun diesen Apparat noch dahin erweitert, daß derselbe auch gleichzeitig als Wheatstonesche Brücke benutzt werden kann. Dieser Gedanke, der bereits bei dem Thiermannschen Kompensator[1]), wenn auch in anderer Weise, zur Ausführung gebracht wurde, ist ja naheliegend, da sowohl der Kompensator als auch die Wheatstonesche Brücke Batterie und Galvanometer erfordern und außerdem bei dem Kompensator schon ein vollständiger Widerstandssatz von 0,1 bis 15000 Ohm vorhanden ist, der für die Wheatstonesche Brücke ohne weiteres als Vergleichs-Widerstandssatz verwendet werden kann, sodaß es nur

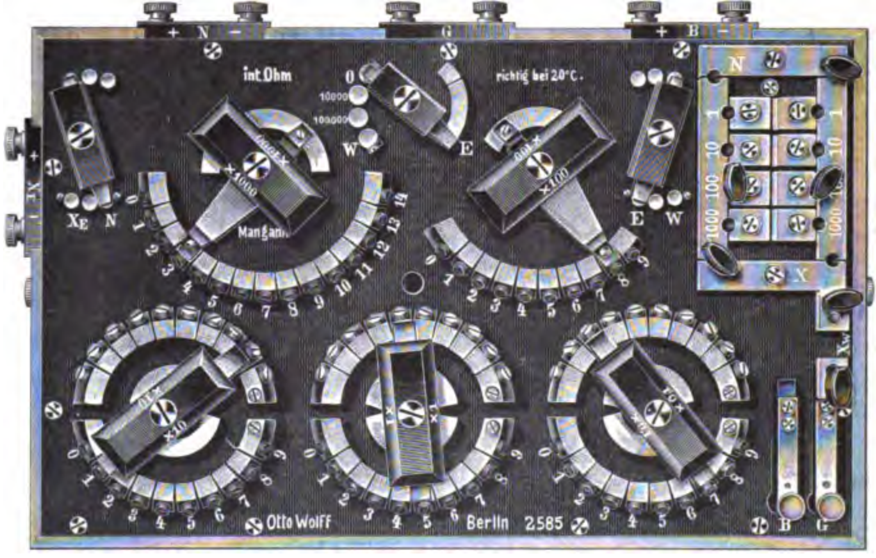


Fig. 1.

noch nötig war, die Verzweigungswiderstände hinzuzufügen und die nötigen Umschaltungen für die Batterie- und Galvanometerleitungen auf bequeme Weise zu ermöglichen. Ein solcher Doppelapparat dürfte in vielen Fällen erwünscht sein, besonders wo der höheren Kosten wegen die Anschaffung zweier besonderer Apparate erschwert wird.

Maßgebend für die Anordnung des neuen Apparates war der Gesichtspunkt, daß seine Verwendung als Kompensator, was natürlich immer der Hauptzweck des Instrumentes bleiben wird, durch die Umänderung nicht komplizierter werden durfte gegenüber der bisherigen Konstruktion. Wie aus Fig. 1, die eine Ansicht des Apparates von oben darstellt, ersichtlich ist, bleibt abgesehen von einigen Abänderungen aus praktischen Gründen die Anordnung der 5 Dekaden der Widerstände und auch die des Doppel-Umschalters oben links für N und X die gleiche wie bei dem bisherigen Apparat und dient auch den gleichen Zwecken wie früher. Der Umschalter für das Galvanometer, der jetzt in der Mitte zwischen den Tausender- und Hunderter-Kurbeln liegt, hat noch einen Kontakt mehr erhalten, der mit W

[1]) Vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S.* 224. 1902.

bezeichnet ist, und die anderen drei Kontakte, die denjenigen des älteren Apparates entsprechen, sind jetzt mit 100000 — 10000 — 0, statt wie dort ∞ — 100000 — 0 bezeichnet. Es ist also die Unterbrechung des Galvanometerkreises an dieser Stelle (durch den Kontakt ∞) fortgefallen und dafür noch eine Zwischenstufe von 10000 Ohm für den Ballastwiderstand des Galvanometerkreises eingefügt; dies hat sich als zweckmäßig erwiesen, da besonders Galvanometer mit niedrigerem Widerstand bei Vorschaltung eines Ballastwiderstandes von 100000 Ohm unter Umständen selbst zum rohen Einregulieren der Stromstärke zu unempfindlich werden und der Sprung von 100000 auf 0 dann zu groß ist. Das Schließen des Galvanometerkreises geschieht jetzt durch den unten rechts bequem zur Hand befindlichen, mit *G* bezeichneten Schlüssel, der für momentanen und dauernden Schluß eingerichtet ist. Diese zuletzt beschriebene Anordnung des Galvanometer-Umschalters mit den drei Stufen 100000 — 10000 — 0

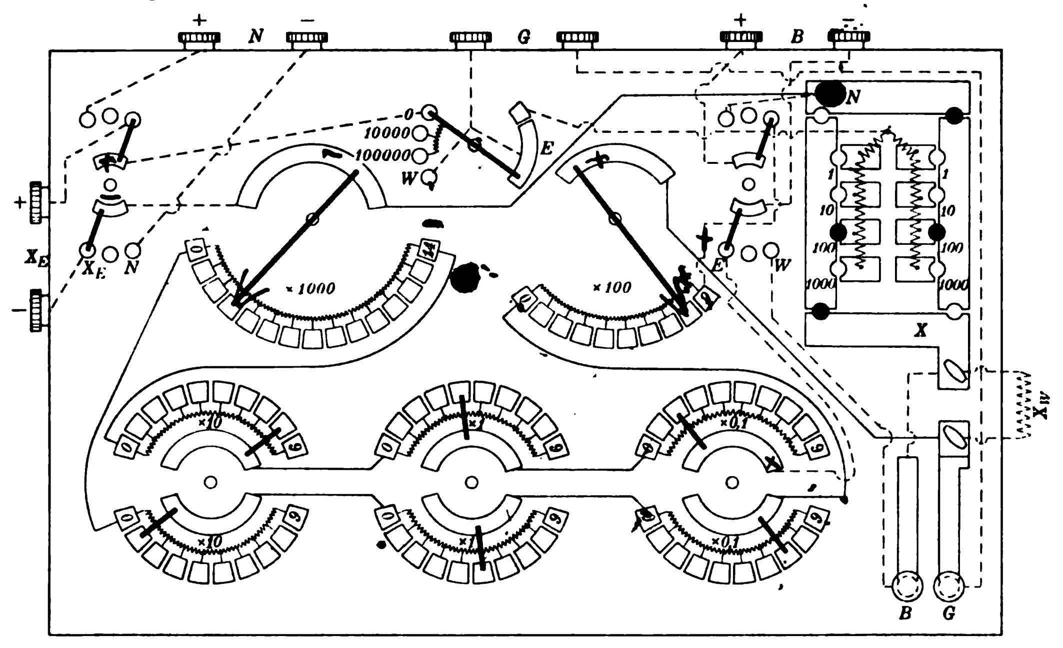


Fig. 2.

und dem besonderen Galvanometerschlüssel führe ich übrigens in gleicher Weise auch bei dem bisherigen Modell schon seit längerer Zeit aus.

Zwischen der Hunderter-Kurbel und den Verzweigungswiderständen befindet sich noch ein zweiter Doppel-Umschalter, der Batterie-Umschalter, der bei dem Apparate neu und dazu bestimmt ist, die Pole der Hülfsbatterie an die entsprechenden Punkte zu legen, je nachdem Spannungs- oder Widerstandsmessungen gemacht werden, wie man aus dem Schaltungsschema der Fig. 2 ersieht. Für die Verzweigungswiderstände von 2 × 1; 10; 100; 1000 Ohm ist der Einfachheit und Raumersparnis wegen Stöpselschaltung gewählt; zugleich ist noch die Einrichtung getroffen, diese beiden Zweige der Wheatstoneschen Brücke miteinander vertauschen zu können, was in bekannter Weise durch Umstecken der beiden Stöpsel in den diagonal gegenüberliegenden Ecken geschieht. Unterhalb der Verzweigungswiderstände liegen die Klemmen X_W zum Einspannen der zu messenden Widerstände, wobei die obere Klemme aus einem Stück mit der untersten Metallschiene der Verzweigungs-Widerstände besteht. In den Klemmen befindet sich je eine Bohrung für runde Drähte bis zu etwa 6 *mm* Durchmesser und je ein flacher Schlitz zum Einspannen

von kleinen Kabelschuhen, Blechstreifen, Widerstandsbändern u. dgl., sodaß man imstande ist, Widerstände von den verschiedensten Querschnittsformen sicher einspannen zu können, indem man die Klemmenschrauben je nach Bedarf in das eine oder andere Gewindeloch einschraubt.

Aus dem Schaltungsschema (Fig. 2) ersieht man, daß diejenigen zwei Punkte, an welchen beim Kompensationsverfahren der Galvanometerkreis abgezweigt wird, auch gleichzeitig die Endpunkte des Vergleichs-Widerstandssatzes der Wheatstoneschen Brücke bilden, da man ja zwischen diesen Punkten mittels der 5 Widerstandsdekaden jeden beliebigen Widerstandswert zwischen 0,1 und 14999,9 Ohm einstellen kann. Während jedoch für den Kompensator nur der Übergangswiderstand in den Kurbeln der drei Dekaden der Zehner, Einer und Zehntel nebst ihren Verbindungsdrähten zu den Null-Kontakten der Tausender und Hunderter in Betracht kommt, ist für die Brückenschaltung noch der Übergangswiderstand der Tausender- und Hunderter-Kurbeln, sowie der Widerstand von zwei starken Kupferstücken, die zum Verzweigungswiderstand und zu der unteren Klemme X_W führen, hinzu zu rechnen, sodaß der sogenannte Nullwiderstand bei der Brückenschaltung etwas höher ist als bei der Kompensationsschaltung, nämlich etwa 0,0027 Ohm gegen rund 0,0015 Ohm im letzteren Fall. Die Austauschwiderstände kommen bei der Benutzung des Apparats als Wheatstonesche Brücke nicht in Gebrauch. Der Batterieschlüssel tritt nur bei der Widerstandsmessung in Funktion, beim Kompensieren ist er unnötig und liegt außerhalb des Stromkreises, sodaß auch ein zufälliges Schließen desselben keinen Schaden anrichten kann; der Galvanometerschlüssel ist in beiden Fällen zum Einschalten des Galvanometers zu verwenden. Im übrigen ist die Schaltung des neuen Apparates die gleiche, wie bei dem früher beschriebenen. Will man also von einer Spannungsmessung zu einer Widerstandsmessung übergehen, so hat man nur den Batterie-Umschalter und den Galvanometer-Umschalter von E auf W zu stellen und das gewünschte Verzweigungsverhältnis zu stöpseln; dann kann man ohne weiteres Widerstände zwischen den beiden Klemmen X_W messen durch Einstellen der 5 Kurbeln, unter Benutzung desselben Galvanometers und derselben Batterie und unter Regulierung der Hauptstromstärke durch den ja auch für die Kompensierung der Hülfsbatterie bei Spannungsmessungen nötigen Regulierwiderstand. Das Normal-Element und eine etwa an den Klemmen X_E liegende Spannung brauchen nicht abgenommen zu werden, da deren Verbindung zum Galvanometer unterbrochen ist; zur größeren Sicherheit kann man auch noch den Umschalter oben links auf den mittleren (Ruhe-)Kontakt stellen. Um bei Spannungsmessungen, wenn man häufig den Galvanometer-Umschalter auf den 3 Kontakten 100000; 10000; 0 verschieben muß, nicht versehentlich auf den W-Kontakt zu kommen, befindet sich an dem mit 100000 bezeichneten Kontaktknopf ein kleiner Vorreiber, der sich hochklappen läßt und dann als Anschlag für den Schalter dient. Die Bezeichnung „15000 Ohm" an den Klemmen $+ B -$ ist in Fortfall gekommen, um nicht Irrtümer entstehen zu lassen; selbstverständlich ist bei der Messung höherer Spannungen dieser Wert in bekannter Weise in Rechnung zu setzen.

Wie man sieht, ist die Handhabung des Apparates auch in seiner neuen Form sehr einfach; mit einigen Griffen ist die Umänderung aus dem einen in den anderen Apparat geschehen, sodaß man schnell von einer Messung zur anderen übergehen kann, ohne falsche Schaltungen und Versehen befürchten zu müssen. Der neue Apparat dürfte daher in vielen Fällen der bisherigen Form vorgezogen werden, da er, ohne erheblich teurer zu sein, noch eine Wheatstonesche Brücke ersetzt.

Theorie des Ableseobjektives.

Von
Karl Strehl in Erlangen.

Im engsten Anschluß an meine Studie: „Theorie des zweilinsigen Objektives“ (*diese Zeitschr.* **21.** *S. 10. 1901*), welche ich auch bezüglich der Bezeichnungen der Kürze wegen einzusehen bitte, komme ich zu folgenden Formeln.

Wenn man die *sphärische Bedingungsgleichung*

$$\mathfrak{M}\,[m\,(B^2\,\eta - A^2\,\xi) - (B^3 - A^3)] + \mathfrak{N}\,[n\,(\Delta^2\,\zeta - \Gamma^2\,\eta) - (\Delta^3 - \Gamma^3)] = 0 \qquad \text{I)}$$

unter Berücksichtigung von $dA = dB = d\Gamma = d\Delta = -\,d\xi = -\,d\eta = -\,d\zeta$ nach ξ, η, ζ differenziert, dann erhält man die bei Ableseobjektiven aus praktischen Gründen an Stelle der *Sinusbedingung* tretende *Ablesebedingung*

$$\mathfrak{M}\,[m\,(B^2 - A^2 - 2\,B\,\eta + 2\,A\,\xi) + 3\,(B^2 - A^2)] +$$
$$\mathfrak{N}\,[n\,(\Delta^2 - \Gamma^2 - 2\,\Delta\,\zeta + 2\,\Gamma\,\eta) + 3\,(\Delta^2 - \Gamma^2)] = 0 \qquad \text{II)}$$

d. h. die Bedingung für die Unabhängigkeit (in erster Annäherung) der sphärischen Aberration von Sachweite und Bildweite.

Mittels $B = A + \Sigma$ bezw. $\Delta = \Gamma + T$ und $\eta - \xi = \sigma$ bezw. $\zeta - \eta = \tau$ geht dieselbe über in die Form

$$2\,\mathfrak{M}\,A\,[(3 + m)\,\Sigma - m\,\sigma] + 2\,\mathfrak{N}\,\Gamma\,[(3 + n)\,T - n\,\tau] +$$
$$\mathfrak{M}\,\Sigma\,[(3 + m)\,\Sigma - 2\,m\,\eta] + \mathfrak{N}\,T\,[(3 + n)\,T - 2\,n\,\zeta] = 0 \quad . \quad \text{III)}$$

oder kurz geschrieben

$$A\,\mathcal{A} + C\,\Gamma + E = 0 \;\; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad \text{IV)}$$

wobei mithin nur A, C, E für terrestrische Objektive andere Ausdrücke bedeuten als für astronomische. Der übrige Gang der Rechnung bleibt unverändert.

Ein nach meinen Formeln für das astronomische Objektiv berechnetes numerisches Beispiel hat kein sichtlich anderes Resultat ergeben als die von Charlier in seinem „Entwurf einer analytischen Theorie zur Konstruktion von astronomischen und photographischen Objektiven“ (*Vierteljahresschrift d. astron. Gesellsch.* **31.** *S. 273*) veröffentlichten Formeln. Sie unterscheiden sich nur im Bau und der Art der Problemstellung (*beliebige* Sachweite und Bildweite; bei Charlier $\xi = 0$; $\zeta = \varphi$).

Referate.

Prismen-Astrolabium zur Beobachtung gleicher Höhen von Gestirnen.

Nach Compt. rend. **135.** *S. 1174. 1902.*

Über das von Claude herrührende Instrument hat Guyou der Pariser Akademie vorläufige Mitteilungen gemacht.

Zur Bestimmung der Ortszeit und der Polhöhe des Beobachtungsorts, besonders auf Reisen, ist in der letzten Zeit neben der *Messung* von Höhen (Zenitdistanzen) gegen O. und W. und in der Nähe des Meridians vielfach wieder die Beobachtung *gleicher* Höhen von Sternen, die dann nicht gemessen zu werden brauchen, empfohlen worden. Die schöne Gausssche Methode z. B., Beobachtung der Zeitpunkte, zu denen drei Sterne dieselbe Höhe erreichen, und daraus Bestimmung des Uhrstandes und der Breite, ist vor einigen Jahren bei uns durch Cohn neu belebt worden (Über die Gausssche Methode u. s. w., Inaug.-Diss., Straßburg 1897); in Frankreich hat ihr Caspari vor kurzem eine andere zur Seite gestellt, bei der angenommen ist, daß eine gebrauchsfähige Beobachtungsuhr nicht vorhanden sei, wohl aber ein feiner Horizontalkreis, an dem die Azimutdifferenzen der drei Sterne für die Augenblicke der Erreichung der gleichen Höhe abgelesen werden können (vgl. „*Azimut, latitude et*

longitude", *Journ. École Polytechn. Paris, 5. Heft. 1900*); in Rußland erfreuen sich die Methoden der Beobachtung von Sterndurchgängen durch denselben Almukantarat stets wachsender Beliebtheit und Verbreitung; es genüge hier, an die Namen Zinger, Stschotkin (dessen Methode kürzlich von Wanach ausführlich beschrieben worden ist in *Zeitschr. f. Vermess.* **29.** *S. 209. 1900*), Pjewzow zu erinnern und etwa zu verweisen auf meine zwei Berichte über „Die methodischen Fortschritte der geographischen Landmessung" im „Geographischen Jahrbuch", Gotha (der erste *a. a. O.* **22.** *S. 37. 1899*, der zweite soeben erschienen *a. a. O.* **25.** *1903.*)

Zur Beobachtung der gleichen Höhen der Sterne kann irgend ein Instrument verwendet werden, mit dem auch Höhen *gemessen* werden können (was aber hier nicht notwendig ist), Theodolit, Universalinstrument oder eines der Spiegelinstrumente (Sextant, Spiegelprismenkreis u. s. w.), zu Land über dem künstlichen Horizont. Dabei besteht der Vorteil, daß die Beobachtung der *gleichen* Höhen im allgemeinen viel schärfer ist als, besonders bei Teilkreisen mit Nonien, die *Messung* einer Höhe oder Zenitdistanz und daß gewisse Fehler des Instruments, z. B. am Universal ungenügende Berichtigung der Höhenlibelle, beim Sextanten ungenügende Kenntnis der Korrektionen, keinen Fehler in die Messung hineinbringen. Man kann in diesem Sinn sogar den Sextanten als ein für „Präzisionsmessung" brauchbares Instrument bezeichnen (vgl. die Bestrebungen von Cañete del Pinar in Spanien, z. B. seine letzte Schrift: „*Algo mas sob. observac. de precis. con el sextante*", Madrid 1900).

Zu dieser Beobachtung gleicher Höhen sind jedoch auch schon mehrfach besondre Instrumente angegeben worden; es genüge, für weniger feine Messung an die neuern Formen des Chandlerschen Chronodeiks (vgl. meinen Artikel in Luegers Lexikon der gesamten Technik, 3. Bd. *S. 54*), für feinere Messungen an das Nadirinstrument von Beck zu erinnern, das in mehreren Formen von Breithaupt in Cassel ausgeführt worden ist (vgl. meinen Artikel „Nadirinstrument", Luegers Lexikon, 6. Bd. *S. 466*, wo für alle drei Formen des Instruments die Literatur aufgezählt ist, ferner über die letzten Erfahrungen mit dem Instrument den Aufsatz von Beck „Resultate von Höhendurchgangsbeobachtungen", *Astron. Nachr.* **159.** *Nr. 3801. 1902*; nach brieflicher Mitteilung vom Januar 1903 sind die Messungen mit dem Instrument in der letzten Zeit weiter verfeinert worden) oder an das Instrument von Nušl und Frič in Prag, das sich ebenfalls eines Prismas vor dem Fernrohrobjektiv und ferner eines Quecksilberhorizonts bedient und das die Anwendung einer Libelle entbehrlich macht (vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 214. 1903*).

Ohne Zweifel beschäftigen sich auch in Deutschland Astronomen, Geodäten und Mechaniker mit ähnlichen Instrumenten, und dies ist der Grund, aus dem ich hier schon jetzt auf ein weiteres solches Prismen-Instrument für gleiche Höhen, das von Claude, aufmerksam mache. Eine eingehendere Beschreibung steht dem Vernehmen nach in den „*Annales hydrographiques*" bevor.

Der oben erwähnte Bericht von Guyou, auf Grund dessen Claude einen Preis der Französischen Akademie erhielt, bewegt sich aber in so warmen Ausdrücken, daß ich, mit dem Vorbehalt, das Instrument später hier genauer zu beschreiben und abzubilden, wie erwähnt, schon jetzt eine Notiz für angezeigt halte. Das neue Instrument, Prismen-Astrolabium („*astrolabe à prisme*") zur Beobachtung der Sterndurchgänge durch denselben Horizontalkreis, ist nach Guyou das „*instrument de voyage par excellence*"; es sei ebenso handlich wie die bisherigen Reise-Winkelmeßinstrumente, während die Genauigkeit der geographischen Ortsbestimmung im Vergleich mit diesen sehr groß sei; dabei sei das Instrument nicht schwieriger aufzustellen als die bisherigen kleinen Reiseinstrumente und stelle z. B. bei weitem nicht die hohen Anforderungen an die Festigkeit der Aufstellung wie der transportable Meridiankreis, zu dem die Reisenden bis jetzt gewöhnlich greifen, wenn es sich um Steigerung der Genauigkeit handle. Der Dienst, den Claude der Geographie geleistet habe, sei deshalb sehr groß; das Instrument gestatte z. B. in ganz kurzer Zeit die Deklination des Zenits des Beobachters, d. h. die Polhöhe, mit einem Fehler $< 1''$ zu messen.

Das Instrument besteht aus einem Fernrohr mit davor sitzendem gleichseitigem Flintglasprisma und einem Quecksilberhorizont. Im Fernrohr werden durch das Prisma die

Bilder des Sterns und seines Spiegelbilds im Horizont vereinigt. Die Beobachtung besteht im Notieren des Zeitpunkts, zu dem beide Bilder zusammenfallen. Da das Fernrohr bis 65-fache Vergrößerung hat, so ist die Geschwindigkeit der relativen Bewegung der beiden Bilder gegen einander groß und jener Zeitpunkt also sehr scharf aufzufassen. Man kann allerdings nur Höhen bis 60° benutzen; bei der verhältnismäßig starken Vergrößerung des Fernrohrs kann man jedoch Sterne bis zur 7. Größe anwenden, sodaß jene Beschränkung gleichgültig ist. Fernrohr nebst Prisma läßt sich um eine vertikale Achse drehen über einem Teller aus Aluminium, der selbst wieder gedreht werden und in jedem Azimut mit Hülfe eines kleinen geteilten Kreises und eines Index festgestellt werden kann. Der Quecksilberhorizont ruht auf dem Teller selbst, wodurch der Gebrauch des Instruments sehr erleichtert wird. „Die zwei wichtigsten geographischen Institute Frankreichs", sagt Guyou, der *Service géographique de l'Armée* und der *Service hydrographique de la Marine*, haben das Instrument bereits angenommen, und sein Gebrauch werde sich auch im Ausland rasch verbreiten.

Vion, der das Instrument ausführende Mechaniker, baut drei Typen des Claudeschen „*Astrolabe à prisme*", nämlich neben dem oben erwähnten Modell, auf das sich die Notiz von Guyou bezieht, mit 65-fach vergrößerndem Fernrohr, ein größeres mit 150-facher Fernrohrvergrößerung und ein ganz kleines Instrument mit nur 20-mal vergrößerndem Fernröhrchen, wobei die sämtlichen Bestandteile des Instruments in einem kleinen Kästchen sich unterbringen lassen. *Hammer.*

Schnellmesser II, ein Schiebetachymeter für lotrechte Lattenstellung.

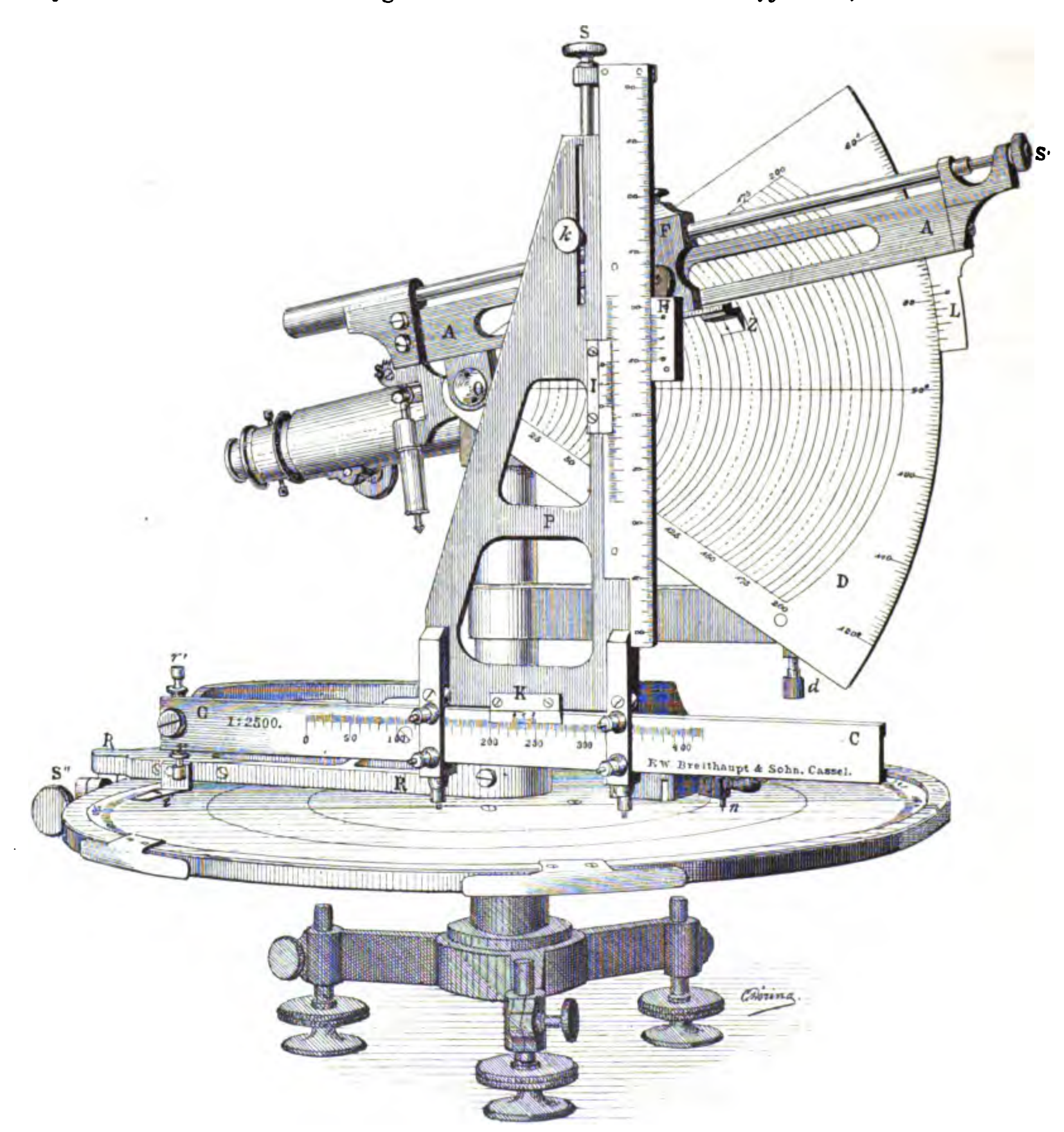
Von E. Puller. *Zentralbl. d. Bauverwaltg.* **23.** *S. 206. 1903.*

Seiner ersten Ausführung des „Schnellmessers" (vgl. *a. a. O.* **21.** *S. 510. 1901;* Ref. in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 160. 1902*), der der Längenmaßstab 1:1000 zugrunde lag und die demnach besonders für *ausführliche* Eisenbahnvorarbeiten bestimmt ist, hat der Verf. eine zweite Konstruktion folgen lassen, die zu *allgemeinen* Vorarbeiten und topographischen Aufnahmen im Maßstab 1:2500 zu verwenden ist. Da die verlangte Genauigkeit von Entfernungs- und Höhenunterschiedsbestimmung für diesen Maßstab geringer ist, verwendet der Verf. bei diesem zweiten, umstehend abgebildeten Instrument im entfernungsmessenden Fernrohr die Hauptkonstante 200 statt wie früher 100 und eine Latte mit $^1/_2\,dm$-Teilung (wie ich sie seit Jahrzehnten für alle *topographisch*-tachymetrischen Arbeiten verwende); die Additionskonstante von 0,4 *m* wird vernachlässigt. Neu im Vergleich mit dem Schnellmesser I ist der in der Figur sichtbare Diagramm-Sektor D (wie ihn ähnlich bereits Soldati in Italien bei seiner Tachymeter-Kippregel angewandt hat, vgl. *Rivista di Topogr. e Catasto* **13.** *S. 177. 1900/01* und mein Ref. in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 222. 1902*), auf dem Kurven gezogen sind, die zur Einstellung des auf 1 *cm* abgelesenen Lattenstücks l mit dem Zeiger Z dienen. Das Diagramm liefert nämlich, zur Anwendung der für Horizontaldistanz D, Höhenunterschied h und Normal-Null-Höhe H geltenden Gleichungen

$$D = 200\,l \cos(\alpha + \beta) \cos\alpha$$
$$h = 200\,l \cos(\alpha + \beta) \sin\alpha$$
$$H = (H_s + i - u) + h$$

(vgl. das Referat über das erste Instrument), die Länge $p = 200\,l \cos(\alpha + \beta)$ und zwar an einem Punkt, der die (Kurven-) Bezifferung l oder eigentlich $100\,l$ trägt. Ob bei der Notwendigkeit, die Kurven trotz ihrer verschiedenen Strichart *abzuzählen*, diese Einstellung (mit der Schraube S am vordern Ende von A) sich rascher und bequemer machen läßt, als die an einer geradlinigen Skale wie beim Schnellmesser I, ist dem Ref. zweifelhaft. Jener Punkt M des Sektors, auf den der Zeiger Z an dem an A verschiebbaren Stück F zu stellen ist, muß von O (Kippachse) aus unter dem Neigungswinkel α der Zielung über den Unterfaden im Fernrohr liegen. Die Katheten des rechtwinkligen Dreiecks mit OM als Hypotenuse und dem Winkel α in O geben also Horizontaldistanz D und Höhenunterschied h; sie werden durch den Projektionsapparat in gewöhnlicher Weise gebildet, indem der auf der horizon-

talen Schiene C sich bewegende Projektionswinkel mit seiner vertikalen Seite an dem mit F verbundenen drehbaren Nonius H angeschlagen wird; die Horizontaldistanz kann an dem Nonius K abgelesen werden, mit dem Nonius I wird der Betrag $(H_s + i - u)$ eingestellt. An K kann bis auf 0,2 *m*, an H und I auf 0,1 *m* abgelesen werden. Auch bei diesem Schnellmesser II kann wie bei I auf die runde Magnaliumplatte von hier nur 35 *cm* Durchmesser die Aufnahme sogleich auf dem Feld aufgetragen werden. Auf der vertikalen Kathete des Projektionswinkels sind neuerdings die Zehnerzahlen der Höhe *aufgedruckt*, sodaß im Feld



keine Zahlen anzuschreiben sind. Damit man jede Höhe einstellen kann, ist diese Teilung um 4 *cm* (= 100 *m*) verschiebbar, nachdem man die Schraube k gelöst hat; die Feinstellung der Skale geschieht, nachdem k wieder geklemmt ist, mit der oben sichtbar werdenden Schraube S.

Erwähnt sei noch, daß bei diesem Schnellmesser II das Fernrohr durchschlagbar ist, was für die Prüfung der Horizontalzielung über den Unterfaden und ebenso für die Messung von Horizontalwinkeln mit dem Instrument willkommen ist. Ferner wurde zur Messung von Höhenwinkeln, z. B. beim Höheneinschneiden nach vom Standpunkt aus sichtbaren bekannten Höhenpunkten mit gegebenen Lagekoordinaten, am Rand des Sektors noch eine Gradteilung, durch L ablesbar, angebracht.

Die am Schluß des Aufsatzes zusammengestellten ersten Versuchsmessungen befriedigen noch nicht ganz. Die Abweichungen rühren wohl weniger von Ungenauigkeiten in der Zeichnung der Kurven des Sektors („mit großer Genauigkeit nach einer in doppelter Größe hergestellten Urzeichnung auf das Messing aufgetragen") als vielmehr davon her, daß bei der Reduktion des Diagramms auf $^1/_2$ dieses Verhältnis nicht genau genug getroffen wurde.

Die Grundgedanken bei der Konstruktion dieses Schnellmessers II (wie I von F. W. Breithaupt & Sohn in Cassel ausgeführt) sind ebenso schön wie bei I; auch diesem Instrument wird eine Zukunft beschieden sein. *Hammer.*

Apparate zur Verflüssigung von Luft und Wasserstoff.

Von K. Olszewski. *Ann. d. Physik* ***10.*** *S. 768 u.* ***12.*** *S. 196. 1903.*

Der Verf. gibt in der erstgenannten der vorliegenden Arbeiten die Beschreibung dreier Apparate, von denen der erste zur Herstellung flüssiger Luft in größeren Mengen, der zweite zur Vorführung des Luftverflüssigungs-Vorgangs, der dritte zur Erzeugung flüssigen Wasserstoffs dient. Allen dreien liegt das Lindesche Verflüssigungsverfahren zu-

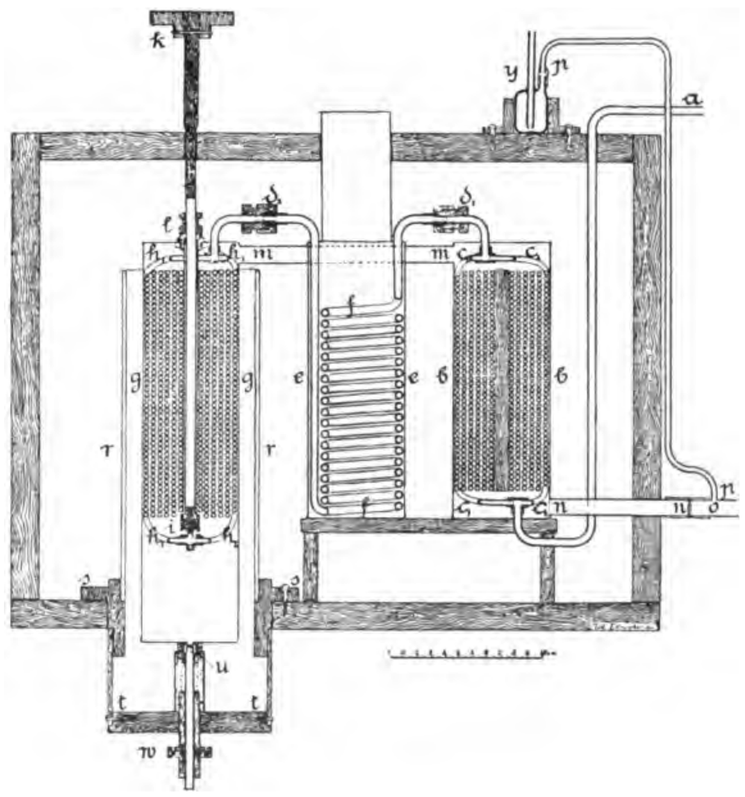


Fig. 1.

grunde und zwar in der Ausführung, welche Hampson zur Anwendung gebracht hat. Der zur Verflüssigung größerer Luftmengen erbaute Apparat (vgl. Fig. 1) besteht aus *zwei* Hampsonschen Regeneratoren *g g* und *b b* und einem Kühler *e e*, der mit einem Kohlensäure-Äther-Gemisch beschickt wird. Die auf 200 Atm. zusammengedrückte Luft tritt bei *a* ein, durchstreicht die Röhren $c_1\, c_2\, f\, h_1\, h_2$ und wird bei *i* entspannt. Sie fließt dann abgekühlt durch die Röhren *m* und *n* zurück, wobei sie in bekannter Weise die Windungen der Regeneratoren vorkühlt. Die Regelung der Entspannung erfolgt nach den Angaben eines Glyzerinmanometers *y* mittels des Handrads *k*; fünf Minuten nach Beginn der Entspannung

fängt die Verflüssigung an; nach Öffnung des Ventils *u* mittels des Handrads *w* kann die flüssige Luft abgelassen werden.

Hinsichtlich der Einzelheiten in der Ausführung sei auf die Abhandlung selbst verwiesen; man vergleiche auch das Referat über den Traversschen Wasserstoffverflüssiger in *dieser Zeitschr.* **21.** *S. 213. 1901.*

Der Vorlesungsapparat[1]) besteht aus einem Hampsonschen Regenerator, der, mit dünnem Flanell umwickelt, in einem Vakuumgefäß untergebracht ist. Die Luft kann aus Stahlflaschen entnommen werden; mit einer solchen von 13 *l* gasförmiger, auf 200 Atm. gespannter Luft erhält man in 5 Minuten 10 bis 20 *ccm* flüssiger Luft, mit zwei Flaschen in 10 Minuten etwa 100 *ccm*. Die Entspannung von Drucken unter 90 Atm. ist erfolglos.

Der Wasserstoff-Verflüssiger unterscheidet sich wesentlich von dem Traversschen Apparat. Denn der Verf. hat ihn auf Grund der von ihm zuerst beobachteten Tatsache entworfen, daß der Wasserstoff bei — 80,5° einen Umkehrpunkt der Joule-Thomsonschen Erscheinung besitzt (vgl. darüber das Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 281. 1902*). Daher war es auch nicht nötig, das zu verdichtende Gas auf eine Temperatur unter — 200° abzukühlen, wie es bei dem Traversschen Verflüssiger vorgesehen ist.

Der Apparat ist in Fig. 2 dargestellt. Er besteht aus den drei Regeneratoren *b*, *c* und *f* und einem Kühler *e*. Dieser wird vor Beginn des Versuches durch die Röhre *p p* mit flüssiger Luft gefüllt, welche unter Atmosphärendruck, also bei rund — 190°, siedet. Auf diese Temperatur wird also der hochgespannte Wasserstoff abgekühlt. Aus dem Kühler *e e* kann mittels des Ventils *r*, welches durch ein Handrad *s* betätigt wird, flüssige Luft auf die Windungen des Regenerators *f f* gelangen; der Überschuß läuft in das Gefäß *A*, welches später zur Aufnahme des gewonnenen flüssigen Wasserstoffs durch ein anderes ersetzt wird. Die verdampfte Luft entweicht vom Regenerator *f f* durch die Röhre *l* in den Regenerator *b* und dann weiter nach *m*, und vom Kühler *e e* durch die Röhre *t* in den Regenerator *c* und dann weiter nach *u*. Nachdem alle Teile des Apparats hinreichend vorgekühlt sind und, nach Schließen des Ventils *r*, eine Durchspülung mit Wasserstoff stattgefunden hat, der bei *a* eingeleitet wird, kann durch Öffnung des Ventils *g* mittels des Handrädchens *k* der eigentliche Entspannungsvorgang beginnen, der nach dem Stande des Glyzerinmanometers *o* geregelt wird. Der Regenerator *b* wird nun nicht mehr durch Luft, sondern durch das entspannte Wasserstoffgas abgekühlt, während das verflüssigte Gas durch Öffnen des Hahnes *h* in das Gefäß *A* abgelassen werden kann. Soll dieses mit dem flüssigen Wasserstoff anderweitig benutzt werden, so ist es sogleich nach dem Entfernen vom Apparat mit einem Korken zu verschließen, der von einem zweimal rechtwinklig gebogenen Glasröhrchen durchbohrt ist; andernfalls findet durch das Hineinfallen erstarrter atmosphärischer Luft ein beschleunigtes Sieden der Flüssigkeit statt.

In Fig. 2 bedeutet noch *w* ein Vakuumgefäß mit Ausfluß *z*, welches bei *x x* durch einen Kautschukring mit Dichtung gehalten wird und von dem Blechgefäß *y y* umgeben ist. *B* ist ebenfalls ein Vakuumgefäß, welches, mit flüssiger Luft gefüllt, das Gefäß *A* aufnimmt, eine Anordnung, die jedoch nicht unbedingt nötig ist.

Die Maße des vom Verfasser benutzten Apparats sind folgende: Durchmesser des Regenerators *f f* 38 *mm*, Länge 180 *mm*; äußerer Durchmesser des Kupferrohrs 2,5 *mm*, lichte Weite desselben 1,6 *mm*; Durchmesser der Regeneratoren *b* und *c* 60 *mm* bezw. 40 *mm*, ihre Länge 300 *mm*; äußerer Durchmesser ihrer Kupferröhren 3,8 *mm*, lichte Weite 2,5 *mm*; lichte Weite der Messingröhren *m*, *u*, *l*, *t* 9 *mm*. Der Apparat liefert auch ohne den Regenerator *c* brauchbare Ergebnisse. Man erhält in je 10 Minuten etwa 100 *ccm* flüssigen Wasserstoff.

In der zweiten Abhandlung wird ein anderer Wasserstoffverflüssiger beschrieben, der, noch einfacher und zusammengedrängter gebaut als der obige, doch die doppelte Menge Flüssigkeit in der gleichen Zeit liefert. Er besteht (Fig. 3) aus zwei Regeneratoren, unten *d d* mit dem Entspannungsventil *e*, oben *b b*, und dem Kühler *c c*, welche alle senkrecht über

[1]) Dieser Apparat ist ähnlich einem von der *Brins Oxygen Company* in Westminster schon 1900 verwendeten Luftverflüssiger (vgl. *Zeitschr. f. d. gesamte Kälte-Industrie 1900. S. 33*).

einander angeordnet und größtenteils in dem Vakuumgefäß $i\,i$ untergebracht sind. Der Kühler wird durch die Röhre g mit flüssiger Luft beschickt, deren Dämpfe bei h entweichen können. Die Regeneratoren bestehen, damit die abkühlende Fläche vermehrt wird, aus mehreren (oben drei, unten zwei) gleichlaufend gewickelten, dünnen Kupferröhren und werden dadurch vorgekühlt, daß man in dem Apparat zuerst zusammengedrückte Luft aus einem Stahlzylinder in das Ausflußgefäß p sich verflüssigen läßt; dieses wird dann durch ein anderes ersetzt und, nachdem die in den Röhren vorhandene Luft durch Wasserstoff verdrängt ist, kann nunmehr die Verdichtung dieses Gases vorgenommen werden. Das hochgespannte Gas tritt jedesmal bei a ein und strömt nach der Entspannung, soweit es nicht verflüssigt ist, durch die Röhren $k\,k$ nach oben und bei l zur Druckpumpe zurück. Das Vakuumgefäß, in welches das mit Flanell umwickelte Röhrensystem leicht hineinpaßt, wird durch die Messing-

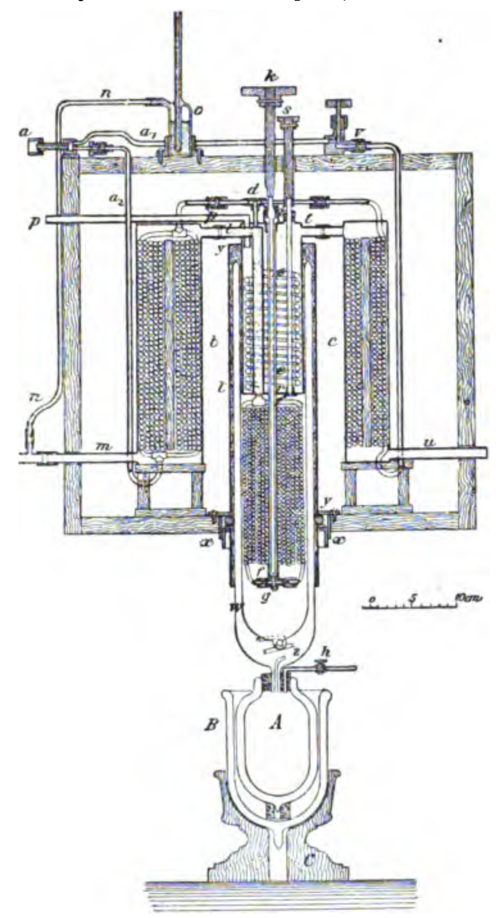


Fig. 2.

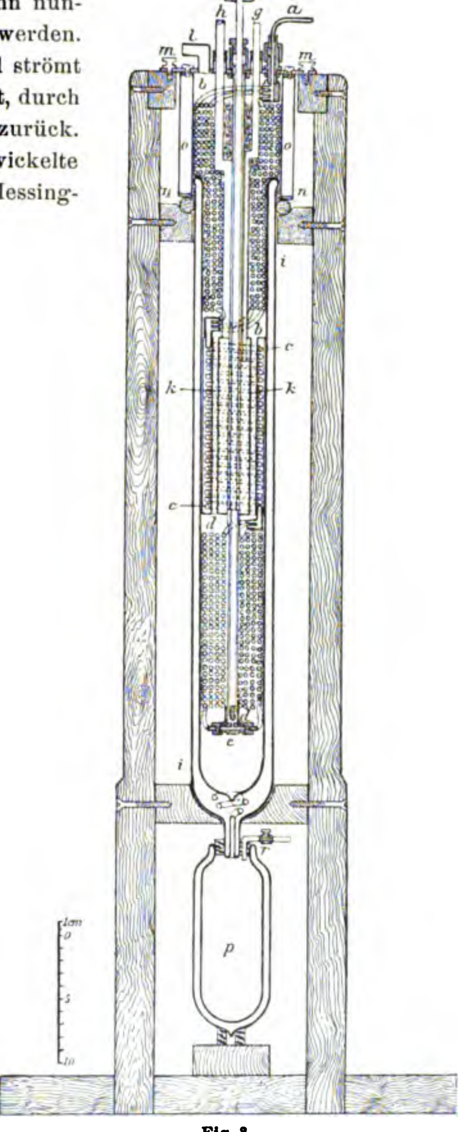


Fig. 3.

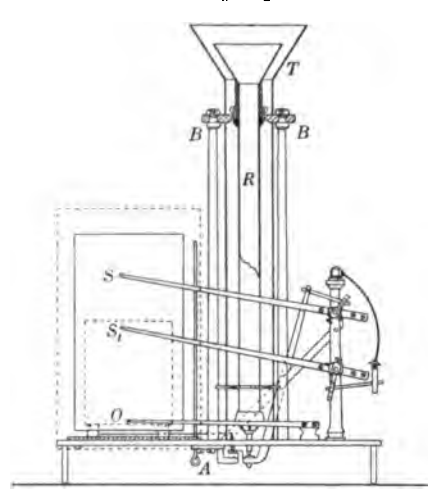
röhre $o\,o$ und den Kautschukring $n\,n$ nach oben abgedichtet. Der ganze Apparat ist mittels der Schrauben $m\,m$, die durch eine Messingplatte gehen, an einem Holzgestell befestigt.

Die Maße dieses Apparates sind folgende: Gesamthöhe 810 *mm*; Durchmesser der Kupferröhren des Regenerators 2 *mm*, lichte Weite 1,2 *mm*; Höhe der Spirale $d\,d$ 140 *mm*, Breite 48 *mm*; Höhe des unteren Teils von $b\,b$ 120 *mm*, Breite 48 *mm*; Höhe des oberen Teils von $b\,b$ 50 *mm*, Breite 68 *mm*; Höhe des Kühlers 140 *mm*, Breite 50 *mm*; äußerer Durchmesser der Kupferröhre $c\,c$ 3,8 *mm*, innerer 2,4 *mm*; lichte Weite der Röhren $k\,k$ 6 *mm*, des Rohres l 8 *mm*; Höhe der Messingröhre $o\,o$ 100 *mm*, Breite 90 *mm*. *Rt.*

Über sehr empfindliche Thermographen.

Von H. Hergesell. *Protokoll üb. d. III. Versammlg. d. Internat. Komm. für wissenschaftl. Luftschiffahrt, Berlin 1902. S. 151.*

Der vom Verf. konstruierte und in der vorliegenden Mitteilung beschriebene Thermograph soll besonders zu Ballonfahrten dienen, wo es auf das möglichst *schnelle Folgen* des Instruments gegenüber den Schwankungen der Lufttemperatur ankommt. In diesem Sinne ist auch das Wort „empfindlich“ in der Überschrift zu verstehen.



Das Funktionieren des Apparates beruht auf der Ausdehnung einer beiderseits offnen Röhre R aus Neusilber von weniger als 0,1 *mm* Dicke, welche vertikal in einem Bock BB aus Nickelstahl befestigt ist und ihre Längenänderung durch Hebelwirkung auf einen Zeiger S mit Schreibstift überträgt. Konzentrisch mit der eigentlichen Thermometerröhre steht eine zweite, etwas weitere Neusilberröhre T, welche als Strahlungsschutz dient und bei Benutzung des Instruments zu Ballonfahrten den weiteren Zweck erfüllt, einen das Thermometerrohr umgebenden Luftstrom zu erzeugen. Das Instrument folgt nach darüber angestellten Versuchen dreimal schneller den Temperaturschwankungen, als das bisher benutzte Teisserenc de Bortscher Konstruktion. Das abgebildete Instrument ist ein Thermobarograph; der Zeiger des Barographen ist bei S_1 sichtbar. Der dritte Zeiger O markiert die Nulllage. Alle drei Schreibstifte können durch die bei A lösbare Arretierung von dem Registrierpapier abgehoben werden. Im Innern der Registriertrommel ist das Uhrwerk angedeutet, außen eine Schutzkappe. Die Ausführung rührt von der Firma J. & A. Bosch in Straßburg i. E. her, welche außer dem beschriebenen Modell noch eines für meteorologische Stationen und eines für industrielle Zwecke verfertigt. *Rt.*

Absorptionsschirme, welche nur ultraviolettes Licht durchlassen.

Von R. W. Wood. *Phil. Mag.* **5.** *S. 257. 1903.*

Nitrosodimethylanilin, in Wasser, Alkohol, Äther oder Glyzerin gelöst, besitzt einen starken Absorptionsstreifen im kurzwelligsten Teil des sichtbaren Spektrums, zwischen 400 und 500 $\mu\mu$, während das ganze Ultraviolett durchgelassen wird. Diese Eigenschaft des Farbstoffs benutzt Wood, um Schirme herzustellen, welche nur für ultraviolettes Licht durchlässig sind. Der Verf. bringt eine Lösung des Farbstoffs in Glyzerin in eine Flüssigkeitszelle, die aus zwei, etwa 1 *mm* voneinander entfernten Quarzplatten gebildet wird. Die nicht absorbierten grünen, gelben und roten Strahlen können durch bekannte Absorptionsmittel fortgeschafft werden; bei der Photographie eines Spektrums ist dies nicht nötig, weil die Platte für solche Strahlen unempfindlich ist. Die beschriebenen Absorptionsschirme sind für die Gitterspektroskopie von Wert, da sie die Übereinanderlagerung von Spektren verschiedener Ordnung unschädlich machen, und für die Experimentalvorlesung, wenn man die Fluoreszenzerregung durch ultraviolette, unsichtbare Strahlen zeigen will. *Ms.*

Beiträge zur Theorie des Auflösungsvermögens von Objektiven.

Von J. D. Everett. *Phil. Mag.* **4.** *S. 166. 1902.*

Der Verf. sucht die bei den englischen Mikroskopikern übliche Verwendung von aberrationsfreien Kondensoren zu rechtfertigen. Der Vorteil soll darin liegen, daß das Objekt gewissermaßen selbstleuchtend gemacht wird, indem, soweit es die Diffraktion erlaubt, jeder Punkt des Objekts nur von einem Punkte der Lichtquelle Licht erhält und so die Inter-

ferenz der von verschiedenen Objektpunkten ausgehenden Büschel in der Bildebene des Mikroskopobjektivs ausgeschlossen wird. Auf dieser Grundlage sucht er auch den Vorteil der schiefen Beleuchtung zu erklären. In einer Schlußnote stellt er den vielfach falsch wiedergegebenen Beweis für die Sinusbedingung, der von Ch. Hockin herrührt, richtig.

A. K.

Die theoretische Lösungswärme von Kadmiumsulfat-Hydrat.

Von H. B. Holsboer. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **39.** *S. 691. 1902.*

Über den angeblichen Umwandlungspunkt des Kadmiumsulfat-Hydrats.

Von H. von Steinwehr. *Ann. d. Physik* **9.** *S. 1046. 1902.*

Die beiden Mitteilungen behandeln die für die Normal-Kadmium-Elemente wesentliche Frage der von Kohnstamm und Cohen behaupteten Umwandlung des Kadmiumsulfat-Hydrats ($Cd\,SO_4$, $^8/_3\,H_2O$) bei 15° (vgl. das Ref. in *dieser Zeitschr.* **20.** *S. 308. 1900*). Diese Umwandlungserscheinungen sollten zur Erklärung der bei manchen Kadmium-Elementen in der Nähe von 0° beobachteten Unregelmäßigkeiten dienen, als deren wahre Ursache noch nicht erkannt war. Trotzdem diese Ursache später von Cohen in der Umwandlung des verwendeten 14,3 %-igen Kadmium-Amalgams gefunden wurde, und obwohl dadurch die angebliche Umwandlung des Kadmiumsulfats keine Bedeutung mehr hat, weil bei Verwendung etwas verdünnterer Amalgame die Elemente überhaupt keine Unregelmäßigkeiten mehr zeigen, versucht Holsboer doch, die Umwandlung des Sulfats durch Versuche über die Lösungswärme desselben ebenfalls zu beweisen, während v. Steinwehr einerseits durch genaue Ermittlung der Löslichkeitskurve feststellt, daß tatsächlich keine Umwandlung des Salzes bei 15° stattfindet, und andrerseits zeigt, daß der von Holsboer auf Grund seiner Versuche gelieferte Beweis haltlos ist.

Holsboer will zeigen, daß die theoretische Lösungswärme des Kadmiumsulfats, d. h. die Lösungswärme von einem Grammmolekül des Salzes in einer unendlich großen Menge der gesättigten Lösung, bei 15° durch Null hindurchgeht. Aus thermodynamischen Betrachtungen folgt dann, daß an dieser Stelle die Löslichkeitskurve ein Minimum haben muß, was mit den Beobachtungen von Kohnstamm und Cohen stimmen würde. Die Beobachtungen der Lösungswärme bezw. Verdünnungswärme werden von Holsboer bei 15° ausgeführt und dann mittels der ebenfalls von ihm bestimmten spezifischen Wärmen des Salzes und der Lösung auf 5° und 25° umgerechnet; doch ist die von ihm benutzte Formel, worauf v. Steinwehr aufmerksam macht, von Planck als nicht streng nachgewiesen worden. Die theoretische Lösungswärme wird mit Hülfe einer graphischen Interpolation abgeleitet und von Holsboer in der Tat bei 15° gleich Null gefunden. Doch zeigt v. Steinwehr, daß diese Interpolation willkürlich ist und daß man mit Hülfe der Lagrangeschen Interpolationsformel alle drei Lösungswärmen (bei 5°, 15°, 25°) negativ findet, sodaß also dieser Beweis hinfällig ist. Auch ergibt die sehr sorgfältige Messung der Löslichkeitskurve des Kadmiumsulfats, welche v. Steinwehr zwischen 13,7° und 25° ausführte, einen so glatten Verlauf dieser Kurve, wie es die Genauigkeit der Versuche überhaupt zuläßt. Die Abweichungen betragen im Maximum nur wenige zehntel Promille. Die von Kohnstamm und Cohen beobachtete, relativ geringe Abweichung von 0,2 % kann leicht auf Beobachtungsfehler zurückgeführt werden, da sich das Kadmiumsulfat einerseits schwer löst und andrerseits leicht übersättigte Lösungen bildet. *W. J.*

Die Natur der Kadmiumamalgame und ihr elektromotorisches Verhalten.

Von H. C. Bijl. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **41.** *S. 641. 1902.*

Bemerkung zu einer Mitteilung des Herrn H. C. Bijl über Kadmiumamalgame.

Von W. Jaeger. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **42.** *S. 632. 1903.*

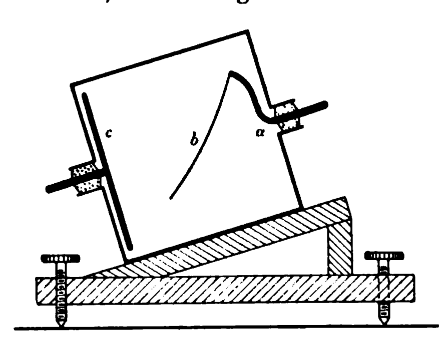
Das Kadmiumamalgam, welches bei den Kadmium-Elementen als negativer Pol benutzt wird, zeigt bekanntlich insofern einen wesentlichen Unterschied gegenüber dem Zinkamalgam, als es nur innerhalb gewisser Grenzen der Zusammensetzung eine konstante elektromotorische

Kraft besitzt, die sich außerdem von der des reinen Kadmiums unterscheidet, während das Zinkamalgam bereits bei relativ sehr geringem Zinkgehalt die gleiche elektromotorische Kraft wie das Zink selbst zeigt. Es ist daher mit Rücksicht auf die Elemente von wesentlichem Interesse, das Verhalten der Kadmiumamalgame eingehend kennen zu lernen. Bijl hat deshalb die Beobachtungen des Ref., welche nur bei Zimmertemperatur ausgeführt wurden, auch auf andere Temperaturen sowie auf ein größeres Konzentrationsintervall ausgedehnt und vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus näher beleuchtet. Als neues Ergebnis wurde gefunden, daß außer dem bereits bekannten konstanten Bereich, welches sich von 5 % bis etwa 14 % Cd-Gehalt erstreckt, noch ein zweites bei wesentlich höherer Konzentration vorhanden ist. Bei den anderen Temperaturen verschieben sich die Grenzen für das konstante Gebiet etwas gegen die bei Zimmertemperatur. Für die Normalelemente sind nur solche Amalgame brauchbar, die in dem konstanten Teil liegen; das anfänglich in der Reichsanstalt benutzte Amalgam von 14,3 % Cd-Gehalt liegt nahe an der Grenze dieses konstanten Bereichs und zeigt, wie E. Cohen nachwies, bei 0° Umwandlungen; die damit zusammengesetzten Elemente verhalten sich deshalb in der Nähe von 0° z. T. unregelmäßig (vgl. auch das vorige Ref.). Diese Umwandlungserscheinung wurde auch von Bijl bestätigt. Bei Anwendung verdünnterer Amalgame treten Unregelmäßigkeiten bei den Elementen nicht mehr auf (vgl. *diese Zeitschr.* ***21.*** *S. 78. 1901*). Da die Arbeit von Bijl vielleicht doch den Schein erwecken kann, daß infolge des Verhaltens des Kadmiumamalgams die Westonschen Elemente nur mit Vorsicht zu gebrauchen sind, so legt Ref. in der oben zitierten Bemerkung nochmals die ganze Sachlage dar und hebt besonders hervor, daß die von Lindeck und ihm zusammengesetzten Westonschen Elemente mit Amalgamen von 12 % und von 13 % Cd keinerlei Unregelmäßigkeit beim Abkühlen zeigen und sich als einwandsfreie Normalelemente vollkommen bewährt haben. *W. J.*

Ein empfindliches Goldblattelektrometer.

Von C. T. R. Wilson. *Proc. of the Cambr. Phil. Soc.* ***12.*** *S. 135. 1903.*

Das Elektrometer besteht aus einem geneigten Messingkasten von 4 × 4 × 3 *cm* Größe. Durch die eine Wand führt, durch Schwefel isoliert, ein Draht *a*, an dem ein Goldblatt *b* von 3 *cm* Länge und 2 *mm* Breite befestigt ist. Dem Goldblatt gegenüber steht eine Messingscheibe *c*, deren Träger ebenfalls durch einen in der gegenüberliegenden Wand befestigten Schwefelpropfen führt. Schmale Glasfenster in den Seitenwänden erlauben die Stellung des Goldblattes mittels eines Mikrometer-Mikroskopes abzulesen; 54 Mikrometerteile entsprechen einer Ablenkung von 1 *mm*.



Für die Versuche ist die Platte *c* auf konstantem Potential zu halten; dazu werden die Pole einer Akkumulatorenbatterie an das Gehäuse und die Platte *c* gelegt. Die Neigung des Apparates muß dann so groß sein, daß bei einer geringen Vergrößerung der Neigung das Goldblatt umschlägt, d. h. das Goldblatt ist nahezu im labilen Gleichgewicht. Legt man nun zwischen Goldblatt und Gehäuse kleine Potentialdifferenzen, so erhält man ein Elektrometer von sehr hoher Empfindlichkeit, dessen Angaben aber nicht proportional sind. Im Bereich der größten Empfindlichkeit gibt 1 Volt 200 Skalenteile Ausschlag.

Zur Messung höherer Potentialdifferenzen wird das eine Potential an das Gehäuse, das andre an die unter einander verbundenen Teile *b* und *c* gelegt. *E. O.*

Einfluß der Temperaturänderung auf permanente Magnete.

Von H. B. Loomis. *Amer. Journ. of Science* **15.** *S. 179. 1903.*

Es ist bekannt, daß ein frisch magnetisierter permanenter Magnet durch eine Reihe von aufeinander folgenden Erwärmungen und Abkühlungen innerhalb eines bestimmten Temperaturintervalls einen Teil seines Magnetismus wieder verliert, um allmählich in einen stationären Zustand überzugehen, der dadurch charakterisiert ist, daß nunmehr innerhalb derselben Temperaturgrenzen das magnetische Moment eine bestimmte Funktion der Temperatur ist. Der Verf. untersuchte nun zunächst die Abhängigkeit dieses Temperaturkoeffizienten von der Intensität der Magnetisierung und dem Dimensionsverhältnis der Stäbe, sodann auch die Änderung der Verteilung des Magnetismus im Stabe durch die Erwärmung.

Zu diesem Zwecke schnitt er aus einem Stück weichen Stahldraht von quadratischem Querschnitt (1,6 *mm* Seitenlänge) eine Anzahl von Stäbchen von rund 5, 8, 11, 16, 22 *cm* Länge, brachte sie nach der Magnetisierung auf verschieden hohe Intensität zum stationären Zustand und beobachtete ihre Schwingungsdauer im Erdfelde bei einer Temperatur von 11° bezw. 99°. Hierbei befanden sich die an einem 3,5 *m* langen Kokonfaden aufgehängten Magnete in einem doppelwandigen Gefäß aus Zinkblech, zwischen dessen Wandungen abwechselnd kaltes Wasser und Dampf zirkulierte; die Beobachtung erfolgte mit Spiegel und Skale. Bedeutet dann K das Trägheitsmoment des Stabes, das aus den Dimensionen berechnet wurde, T die Schwingungsdauer, $\mathfrak{H}$ die Horizontalkomponente des Erdfeldes, so erhält man das magnetische Moment M nach der bekannten Formel $M = \frac{4\pi^2 K}{T^2 \cdot \mathfrak{H}}$. Der Verf. fand nun für die prozentische Abnahme des magnetischen Moments $\frac{M_{11} - M_{99}}{M_{11}}$ infolge der Erwärmung folgende Werte:

Nummer des Magnets	Länge in *cm*	$\frac{M_{11} - M_{99}}{M_{11}}$	Intensität der Magnetisierung
3	21,53	0,056	427
5	22,00	0,065	372
9	16,40	0,067	352
15	16,31	0,075	338
4	11,23	0,071	333
6	10,80	0,092	249
7	8,15	0,105	208
8	8,17	0,112	196
13	5,49	0,141	117
12	5,40	0,220	88

Hieraus zieht der Verf. den Schluß, daß die Änderung des magnetischen Moments größer für kurze, als für lange Magnete ist, und daß sie kleiner ist bei hoher Magnetisierungsintensität, als bei geringer.

Diese beiden Resultate sind nun offenbar insofern nicht unabhängig voneinander, als ja bekanntlich infolge der entmagnetisierenden Wirkung der Stabenden *ceteris paribus* der remanente Magnetismus des kürzeren Magnets an sich immer kleiner sein muß, als derjenige des längeren. Trägt man aber, wie es der Verf. tut, den Temperaturkoeffizienten als Funktion der Magnetisierungsintensität graphisch auf, so ergibt sich, abgesehen vom letzten Wert, eine wenig gekrümmte, ziemlich glatte Kurve, während offenbar deutliche Sprünge auftreten müßten, wenn der Temperaturkoeffizient auch noch vom Dimensionsverhältnis des Magnets direkt abhängen würde. Die Vergleichung der Werte für die beiden Magnete Nr. 15 und 4 zeigt im Gegenteil, daß von den beiden Magneten mit nahezu gleich hohem remanenten Magnetismus der kürzere nicht den höheren, sondern den geringeren Temperaturkoeffizienten besitzt.

Das Ergebnis des Verf., daß die prozentische Änderung des magnetischen Moments um so geringer ist, je höher die Intensität der Magnetisierung, steht im direkten Wider-

spruch zu den Resultaten von G. Wiedemann. Diesen Widerspruch führt der Verf. auf einen prinzipiellen Fehler in der von Wiedemann getroffenen Anordnung zurück, welcher die Wirkung der Erwärmung durch die Ablenkung maß, die eine in konstantem Abstand vom Magnet aufgehängte Magnetnadel erlitt, aber nicht berücksichtigte, daß, wie der Verf. im zweiten Teil seiner Untersuchung nachweist, auch die Verteilung des Magnetismus im Stab selbst von der Temperatur abhängt.

Diese Verteilung ermittelte Verf. nach einer Differentialmethode auf ballistischem Wege. Zwei Magnetstäbe aus möglichst identischem Material von 30 *cm* Länge und 0,55 *cm* Durchmesser, die bis zur Sättigung magnetisiert und auf stationären Zustand gebracht waren, wurden durch einen gleichdicken Messingstab von 1,5 *m* Länge so verbunden, daß ihre Achsen genau in einer Geraden lagen, und in zwei doppelwandige Zylinder eingesetzt, deren Zwischenschicht von kaltem Wasser bezw. Dampf durchströmt werden konnte. Über die Magnete hinweg ließen sich schrittweise zwei durch eine Stange fest miteinander verbundene Induktionsspulen verschieben, deren Abstand genau demjenigen der Mitten der Magnetstäbe entsprach, sodaß bei der Verschiebung die beiden Spulen stets gleichzeitig genau entsprechende Teile der Magnetstäbe überstrichen. Je nach der Verbindung der beiden Spulen erhielt man dann an einem eingeschalteten, durch einen Erdinduktor geeichten ballistischen Galvanometer Ausschläge, welche der Summe bezw. der Differenz der aus den überstrichenen Magnetteilen austretenden Kraftlinien entsprachen, und konnte somit auch die Verteilung des Magnetismus zunächst im kalten Zustande berechnen. Wurde nun einer der beiden Magnete auf 99° erwärmt, so änderten sich natürlich die Galvanometerausschläge, und es ließ sich hieraus wieder die Änderung in der Verteilung des Magnetismus durch die Erwärmung bestimmen.

Es ergab sich, daß die Enden des Stabes bei der Erwärmung mehr Magnetismus verlieren, als die Mitte, und zwar erreichten die Differenzen etwa 3 %. Das Resultat widerspricht zwar demjenigen von Polóni, welcher eine nahezu konstante Abnahme des Magnetismus über den ganzen Stab hinweg gefunden hatte, steht aber im Einklang mit der Ewingschen Theorie von der Konstitution der Magnete. *Glch.*

Neu erschienene Bücher.

J. Bosscha, *Leerboek der Natuurkunde en van hare voornaamste toepassingen.* 6. Aufl. 4. Bd. Optik. 1. Tl. Bearb. durch Prof. R. Sissingh. gr. 8°. XV, 722 S. m. 394 Textfiguren u. 4 Spektraltafeln. Leiden, A. W. Sijthoff 1902.

Der vorliegende Band behandelt die geometrische Optik. Die Gausssche Theorie der optischen Abbildung durch ein System zentrischer Flächen wird nach der Methode von J. Bosscha behandelt. Das Wesen der Bildfehler wird elementar erläutert, Formeln zu ihrer Berechnung werden wohl gegeben, aber nicht abgeleitet; ein besonderes Kapitel ist dem experimentellen Nachweis der Aberrationen gewidmet. Eine etwas ausführlichere Behandlung als sonst haben der Heliostat, die Zylinderlinse, der Augenspiegel und der Scheinwerfer erfahren. *A. K.*

Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher u. Ärzte. 74. Versammlg. zu Karlsbad. 21.—27. IX. 1902. Hrsg. im Auftrage des Vorstandes u. der Geschäftsführer v. A. Wangerin. II. Tl. 2 Hälften. gr. 8°. Leipzig, F. C. W. Vogel.

II, 1. Naturwissenschaftl. Abteilungen. IX, 186 S. m. 4 Abbildgn. im Text. 1903. 5,00 M. — II, 2. Medizinische Abteilungen. XXI, 670 S. m. 7 Abbildgn. im Text. 1903. 12,00 M.

K. Hohage, Üb. einige Anwendgn. des Elektrometers bei Wechselstrommessungen. Aus: „Sammlg. elektrotechn. Vorträge“. gr. 8°. 30 S. m 11 Fig. Stuttgart, F. Enke 1903. 1,20 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **November 1903.** Elftes Heft.

Über einen Versuch zur praktischen Erprobung der Stereo-Photogrammetrie für die Zwecke der Topographie.

Von

Dr. **C. Pulfrich** in Jena.

(Mitteilung aus der optischen Werkstätte von Carl Zeiss.)

Im Anschluß an meine bisherigen Veröffentlichungen über die Verwendung des Stereo-Komparators[1]) für die Zwecke der Konstruktion von Plänen und Höhen kurven möchte ich mir erlauben, nachstehend über einen erstmaligen diesbezüglichen Versuch zu berichten, den ich in diesem Sommer in Gemeinschaft mit Hrn. Generalmajor Schulze, Chef der topographischen Abteilung der Landesaufnahme, und dem Kgl. Topographen Hrn. Seliger zur Ausführung gebracht habe. Dieser Versuch besteht darin, daß unter Einhaltung der von mir angegebenen Bedingungen für stereo-photogrammetrische Aufnahmen — Platten in einer Ebene — mit einem im Besitz der topographischen Abteilung befindlichen und für solche Aufnahmen geeigneten Phototheodoliten zwei Aufnahmen der *Kernberge bei Jena* mit einem Abstand der beiden Aufnahmestationen $B = 100\,m$ gemacht wurden, und daß diese Aufnahmen dann mit dem inzwischen in meinem Laboratorium aufgestellten zweiten Modell des Stereo-Komparators[2]) durch Hrn. Seliger ausgemessen und zu dem hier mitgeteilten Plane verarbeitet wurden. Endlich sind die so erhaltenen Resultate mit den Ergebnissen der in diesem Sommer durch Hrn. Seliger bewirkten Neuaufnahme des Meßtischblattes Jena verglichen worden.

1. *Aufnahme.* Die Aufnahme der beiden Bilder bot keinerlei Schwierigkeiten. Der *Phototheodolit*, bestehend aus einer festen metallischen Kamera und einem auf ihr zu befestigenden Theodoliten mit Horizontal- und Vertikalkreis, war mit allen für photogrammetrische Arbeiten erforderlichen Hülfseinrichtungen ausgerüstet. Um die für unsere Aufgabe spezifische Bedingung, daß die horizontal eingestellte optische Achse des photographischen Objektivs senkrecht zur Standlinie gerichtet sein muß, zu erfüllen, wurde zuerst das Theodolitfernrohr parallel zur optischen Achse des photographischen Objektivs gestellt. Für die Beobachtung des Durchschnittspunktes der beiden am Anlegerahmen der Platten befindlichen Fäden war eine Lupe vorgesehen. Alsdann wurde der Theodolit um die Vertikalachse um genau 90^0 (Ablesung am Teilkreis) gedreht, sodaß also jetzt das Fernrohr des Theodoliten genau senkrecht zur optischen Achse des photographischen Objektives gerichtet war, und nun der ganze Apparat, Kamera und Theodolit, durch Drehen um die unterhalb der

[1]) Siehe *diese Zeitschr.* **22.** *S. 178. 1902* und **23.** *S. 43. 1903.*

[2]) Man verlange den soeben zur Ausgabe gelangten Prospekt (deutsch, französisch und englisch) über Stereo-Komparatoren nach Pulfrich, Jena 1903.

Kamera angebrachte Drehungsachse so gerichtet, daß das Theodolitfernrohr auf den zweiten Standpunkt bezw. auf ein darüber eingestelltes Lot einstand. Die nach Einführung der lichtempfindlichen Platte in die Kamera erforderliche Korrektion der Einstellung des Theodolitfernrohres wurde an den Hauptstellschrauben des Apparates vorgenommen. Auf diese Weise war es relativ leicht, die verlangte Normalstellung der Achse zur Standlinie bis auf 1′ genau zu bewerkstelligen.

Das zu den Aufnahmen benutzte, in fester Verbindung mit dem Instrument befindliche photographische Objektiv war ein Doppelobjektiv älterer Konstruktion (Buschsches Pantoskop)[1]. Seine Brennweite war durch die von seiten des Hrn. Generalmajor Schulze mit dem Apparat vorgenommenen photogrammetrischen Arbeiten auf Grund wiederholter Versuche ermittelt zu $f = 244{,}7$ *mm.*

Die beiden Aufnahmestationen (M_1 und M_2 in der Fig. 1 auf *S. 325*) wurden der Einfachheit halber in gleicher Höhe $H_1 = H_2 = 148{,}5$ *m* gewählt; sie befinden sich auf der Wiese zwischen der Straße Jena-Göschwitz und dem Eisenbahndamm. Die Lage des Punktes M_1 wurde durch trigonometrische Messungen ermittelt und zum Zwecke des späteren Vergleiches auf dem Meßtisch eingetragen. Die Bemessung des Abstandes $M_1 M_2 = 100$ *m* wurde mit Hülfe eines Stahlmeßbandes vorgenommen. Bei der Wahl der Standlinie war noch darauf Rücksicht genommen worden, daß die optische Achse des in M_1 aufgestellten Apparates in der durch M_1 und den trigonometrischen Punkt auf den Kernbergen gelegten Vertikal-Ebene sich befand[2]. Infolgedessen erscheint auf der in M_1 erhaltenen Platte das Bild des trigonometrischen Punktes zum Teil durch den Vertikalfaden überdeckt. Zur Messung genügte der etwas überstehende Rand der Fahne.

Die zu dem Versuch benutzten Platten waren ungeschliffen und hatten das Format 18×24 *cm*; sie mußten, da der benutzte Stereo-Komparator nur für Platten bis zu 18 *cm* eingerichtet ist, auf eine Breite von 18 *cm* reduziert werden. Zur eigentlichen Messung wurden nicht die Negative, sondern durch Kontaktdruck hergestellte Diapositive benutzt.

2. *Einstellung der Mikroskope.* Die Art der Einstellung des Stereo-Komparators und der Platten ist bereits in meinen früheren Veröffentlichungen angegeben. Jene Angaben sind aber in Anbetracht der verschiedenartigen Verwendungsweise des Apparates für astronomische und photogrammetrische Aufgaben ganz allgemein gehalten, und ich glaube daher, daß es vorteilhaft sein wird, wenn ich die Vorschriften, welche sich auf unsere jetzige Aufgabe beziehen, und soweit sie hierbei praktische Verwendung gefunden haben, noch einmal zusammenstelle und im einzelnen genauer präzisiere.

Bei dem für unseren Versuch benutzten neuen Modell des Stereo-Komparators ist das binokulare Mikroskop mit den Vergrößerungen 4-fach, 6-fach und 8-fach ausgerüstet. Wir haben im vorliegenden Falle die Vergrößerung 4-fach als durchaus zweckentsprechend gefunden; dieselbe gibt natürlich eine etwas geringere Genauigkeit der Einstellung, bietet aber für die Topographie den Vorteil der besseren Übersicht über die Terrainformen.

Der Beobachter beginnt mit der *Einstellung der Okulare*, und zwar wird durch

---

[1]) Siehe dieserhalb M. v. Rohr, Theorie und Geschichte des photographischen Objektivs. Berlin, J. Spinger 1899. *S. 281.*

[2]) Diese Einschränkung unserer Aufnahmebedingung wäre natürlich gar nicht notwendig gewesen. Sie ist nur erfolgt, um einen bequemeren Vergleich des Planes mit der Meßtischaufnahme zu ermöglichen.

Drehen an der Muschel das linke Okular für das linke Auge und das rechte Okular für das rechte Auge so eingestellt, daß der in der Mitte des Gesichtsfeldes angebrachte Vertikalstrich in größter Deutlichkeit gesehen wird. Alsdann wird der Abstand der beiden Okulare reguliert, derart, daß der Beobachter ein einziges stereoskopisches Bild der kreisförmigen Einfassung des Gesichtsfeldes mit dem etwas dahinter liegenden Vertikalstrich erhält. Ist so das Okularmittelstück in Bezug auf Bildschärfe und stereoskopisches Sehen richtig eingestellt, so braucht an demselben für die Folge nichts mehr geändert zu werden, weshalb es auch vorteilhaft ist, bei dieser fundamentalen Einstellung des Okularmittelstückes keine Teile der Landschaft, sondern den freien Himmel in das Gesichtsfeld der Mikroskope zu bringen, da man sonst durch die Landschaft zu sehr gestört wird. Auf die Stellung der rechts neben dem Okularmittelstück befindlichen Mikrometerschraube kommt es zunächst nicht an. Die Schraube ist für feinere astronomische Differenzmessungen bestimmt. Nur mit Rücksicht auf die im folgenden noch näher zu besprechende erstmalige Einstellung der beiden Platten zueinander ist es vorteilhaft, die Mikrometerschraube von vornherein auf die Mitte zwischen den beiden Anschlägen einzustellen.

Das nächste ist die *Einstellung der Mikroskope auf gröfste Deutlichkeit des Landschaftsbildes.* Zu dem Ende werden die beiden Platten mit ihrer Schichtseite nach oben auf den Apparat gelegt, und zwar in solcher Orientierung, daß die im Standpunkt M_1 (links) aufgenommene Platte auf die linke Seite, die im Standpunkt M_2 (rechts) aufgenommene Platte auf die rechte Seite des Stereo-Komparators zu liegen kommt und beide Bilder aufrecht stehen. Der direkte Anblick der Bilder und der Anblick derselben durch die Mikroskope sind somit in Bezug auf oben und unten, rechts und links vollkommen gleichartig dem Anblick der freien Natur von den beiden Aufnahmestationen aus. Es genügt, die Platten in dieser Weise nach Augenmaß aufzulegen und mit den vorhandenen Plattenhaltern zu befestigen. Ihre genaue Justierung erfolgt später.

Die Einstellung der Mikroskope auf größte Deutlichkeit des Landschaftsbildes kann, da die hierzu dienende Mikrometerschraube beide Mikroskope bewegt, ohne weiteres nicht für beide Mikroskope gleichzeitig erzielt werden. Es wird zu dem Ende *zuerst das linke Mikroskop* auf Deutlichkeit des Landschaftsbildes eingestellt und dann durch die am Träger des Mikroskopes vorgesehene Klemmschraube festgeklemmt. Die Einstellung selbst hat mit der allergrößten Sorgfalt, am besten durch Einstellung auf das *Verschwinden der Parallaxe* zwischen Marke und Landschaftsbild zu erfolgen, da hier begangene Fehler nicht ohne Einfluß auf die Genauigkeit der Messung sind.

Um auch im rechten Mikroskop die gleiche Einstellung auf das Verschwinden der Parallaxe zwischen Meßmarke und Landschaftsbild wie im linken Mikroskop zu erreichen, ist der Träger der Platte rechts mit einer Vorrichtung versehen, welche gestattet, die Platte in der Richtung der Normale parallel zu sich selbst um mehrere Millimeter nach oben und unten fein zu verstellen, sodaß die verlangte Einstellung der Mikroskope selbst bei erheblichen Dickendifferenzen der beiden Platten noch ausführbar ist.

3. *Einstellung der Platten.* Es wird zuerst die rechte Platte durch Drehen an der Parallaxenschraube soweit nach links verschoben, daß der *Nullstrich des Nonius genau auf den Nullstrich des Parallaxenmafsstabes* einsteht. Es ist dann nicht allein der Parallaxenmaßstab in seiner ganzen Länge für die Messung der Parallaxenwerte verfügbar, sondern man erhält auch später in den Ablesungen des Parallaxen-

maßstabes unmittelbar die Werte a. Die so erhaltene Stellung des Parallaxenmaßstabes zum Nonius bleibt einstweilen bis zur eigentlichen Messung unverändert.

Nunmehr wird die rechte Platte durch Drehen derselben in ihrer Ebene so eingestellt, daß der *Vertikalstrich genau parallel zur Vertikalschlittenführung* des Komparators gerichtet ist, was man daran erkennt, daß der Strich beim Verschieben des Plattenpaares keine seitliche Verrückung zur Meßmarke zu erkennen gibt. In der gleichen Weise wird dann durch Drehen der Platte links auch hier die Parallelstellung des Vertikalfadens zur Schlittenführung herbeigeführt.

Das nächste ist, daß man *in beiden Mikroskopen die Meſsmarke mit dem Durchschnittspunkt des Fadenkreuzes zur Deckung bringt.* Es geschieht dies zuerst für die Platte rechts durch Verschiebung des Plattenpaares und dann für die Platte links durch Verschiebung der Platte auf dem Kreuzschlitten.

Ist auch diese Einstellung für beide Platten mit genügender Sorgfalt geschehen, so erscheint jetzt der Vertikalstrich im stereoskopischen Sehen auf seiner ganzen Länge in der gleichen scheinbaren Entfernung und in der gleichen Entfernung mit der Meßmarke. Die letzte Feineinstellung der Marke auf Gleichheit der Entfernung mit dem Vertikalfaden geschieht mit Hülfe der oben erwähnten, rechts neben dem Okularmittelstück befindlichen Mikrometerschraube.

Die senkrechte Stellung der beiden Kreuzfäden zueinander und die senkrechte Stellung der beiden Schlitten auf dem Stereo-Komparator vorausgesetzt, ist es nun selbstverständlich, daß nach dem Vorstehenden auch der Horizontalfaden auf beiden Platten dem Horizontalschlitten des Komparators parallel gerichtet ist. Im allgemeinen wird jetzt nur noch eine geringe Höhendifferenz der beiden Horizontalstriche zur Meßmarke vorhanden sein, die aber durch die hierfür vorgesehene und an dem rechten Plattenhalter angebrachte Höhenkorrektionsschraube leicht beseitigt wird.

Der Stereo-Komparator und die Platten sind jetzt vollkommen justiert und die Messung kann ohne weiteres beginnen. Wie wir gesehen haben, ist die Justierung erfolgt ohne irgend welche Rücksicht auf die aufgenommene Landschaft unter alleiniger Benutzung des Strichkreuzes auf den Platten, welches entsprechend unseren Aufnahmebedingungen gleichwertig ist dem Bilde eines reellen, in der optischen Achse des Objektivs gelegenen unendlich fernen Strichkreuzes. Meine Zuversicht in das vorliegende Justierverfahren der Platten auf dem Komparator, der ich an früherer Stelle Ausdruck gegeben habe[1]), hat mich also nicht betrogen, und ich glaube daher, daß man auch in Zukunft bei der Einstellung der Platten und bei deren Ausmessung ganz darauf verzichten kann, irgend welche bekannte Anhaltspunkte in der Landschaft für die Zwecke der Justierung heranzuziehen.

4. *Ausmessung der Platten.* Entsprechend den früher gemachten Angaben ist bei stereo-photogrammetrischen Messungen die Lage eines Punktes P im Objektraum bestimmt durch den Abstand $Z = E$ der durch den Punkt gehenden, senkrecht zur optischen Achse gelegenen *Ebene* und durch den *horizontalen* und den *vertikalen Abstand* (X und Y) des Punktes P von der optischen Achse des Objektivs in M_1. Die vorgenannte Ebene hat die besondere Eigenschaft, daß alle in ihr enthaltenen Punkte die gleiche Parallaxe besitzen, mit anderen Worten, beim Verschieben des Plattenpaares auf dem Komparator in der gleichen scheinbaren Entfernung erscheinen.

Zur Ermittelung der Werte E, X und Y dienen die bekannten Beziehungen[2])

$$E : B = f : a, \quad X : E = x_1 : f \quad \text{und} \quad Y : E = y_1 : f,$$

[1]) Vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 183. 1902.*

[2]) Vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 186. 1902.*

in denen f die gegebene Brennweite des Aufnahmeobjektives, x_1 und y_1 die Bildpunktkoordinaten des Punktes P *in Bezug auf das Strichkreuz der Platte links* und $a = x_2 - x_1$ die Differenz der Abszissenwerte auf beiden Platten, die sogenannte Parallaxe bedeuten. Die Größen f, x_1, y_1 und a werden in Millimeter, die Basis B und die drei Raumkoordinaten E, X und Y des Punktes P in Meter oder in dem dem Plan zugrunde gelegten Maßstabe der Verkleinerung gemessen. Die Lage des Punktes P im Plan ist gegeben durch die Werte E und X, seine Höhendifferenz mit M_1 durch Y und seine absolute Höhe durch $H = H_1 + Y$.

Die mit dem Stereo-Komparator vorzunehmende Bestimmung der drei Größen a, x_1 und y_1 geschieht in der denkbar einfachsten Weise. Denn es sind hierzu in jedem einzelnen Falle *immer nur je drei Einstellungen und je drei Ablesungen* am Apparat vorzunehmen.

Zunächst ist für jede der drei Größen a, x_1 und y_1 der *Nullpunkt* zu bestimmen. Für a hatten wir bereits unter 3. *S. 319* festgesetzt, daß der Nullpunkt mit dem Anfang der Teilung des Parallaxenmaßstabes zusammenfallen soll. Wir revidieren also die angegebene Stellung der beiden Nullstriche zueinander und bringen eventuell durch sorgfältige Einstellung der neben dem Okular befindlichen Mikrometerschraube die Marke in die gleiche scheinbare Entfernung mit dem Vertikalfaden. Um der Gefahr einer Verstellung der Mikrometerschraube vorzubeugen, wird es vorteilhaft sein, dieselbe in Zukunft mit einer geeigneten Arretierungsvorrichtung zu versehen.

Um den Nullpunkt für x_1 und y_1 zu erhalten, stellen wir das Plattenpaar so ein, daß der Durchnittspunkt des Strichkreuzes auf der *linken* Platte genau mit der Mitte der Meßmarke im linken Okular zusammenfällt, und lesen dann die beiden Hauptmaßstäbe am Kreuzschlitten bis auf 0,1 *mm* genau ab. Da die Platte links während der ganzen nachfolgenden Messung ihre Lage zum Hauptschlitten des Komparators unverändert beibehält, bleiben auch diese Nullpunkte unverändert, und sie brauchen daher nur einmal ermittelt zu werden.

Die so erhaltenen Nullpunkte und die Höhe H_1 der Kamera in M_1, in unserem Falle also

Parallaxe	Abszisse	Ordinate	
0,00 *mm*	72,3 *mm*	107,4 *mm*	$H_1 = 148,5\ m$,

schreibt man vorteilhaft auf einen Laufzettel und bringt dieselben dann bei jeder Messung in Anrechnung[1]).

Der *Übergang zum Landschaftsbild* geschieht ausschließlich durch Drehen an der Parallaxenschraube und durch Verschieben des Plattenpaares. Im allgemeinen ist, wenn die beiden Aufnahmestationen in verschiedener Höhe gelegen sind, beim Übergang vom Strichkreuz zur Landschaft und in dieser von einem Landschaftspunkt zum anderen jedesmal eine Neueinstellung der rechten Platte in der Höhe mit Hülfe der vorerwähnten Höhenkorrektionsschraube erforderlich, die, da sie in der Richtung des Vertikalstriches erfolgt, auf die Werte a ganz ohne Einfluß ist. Im vorliegenden Falle befanden sich die beiden Aufnahmestationen in genau der gleichen Höhe und es konnte daher die einmal eingestellte Höhenlage der rechten Platte während der ganzen Messung unverändert beibehalten werden.

Das erstmalige *Aufsuchen des stereoskopischen Bildes* eines Landschaftspunktes geschieht schnell und sicher in der Weise, daß man den betreffenden Punkt *im linken*

[1]) Dem Vorschlag des Hrn. von Hübl entsprechend wird es sich in Zukunft für die vorliegende Art der Verwendung des Stereo-Komparators empfehlen, die beiden Hauptmaßstäbe des Stereo-Komparators von der Mitte nach außen zu beziffern und den Nonius verstellbar einzurichten.

Okular aufsucht und in die Nähe der Meßmarke bringt. Beim Einblick in das rechte Okular sieht man dann sofort, nach welcher Seite man die rechte Platte mit der Parallaxenschraube zu verschieben hat, um in beiden Okularen die gleiche Einstellung der Meßmarke zum Landschaftsbild zu erzielen. Es sind hierzu oft sehr große Verschiebungen der rechten Platte erforderlich, sodaß ohne eine solche vorherige Einstellung der Platten zueinander eine stereoskopische Betrachtung des Bildes überhaupt nicht möglich ist.

Ist aber das Plattenpaar in dieser Weise eingestellt, so gelingt die stereoskopische Betrachtung sofort und ohne jede Mühe, besonders dann, wenn die Marke diesseits der Landschaft gesehen wird. *Erscheint die Meſsmarke doppelt*, so ist das stets ein Zeichen, daß die Marke im Inneren der Erde gelegen ist, und nur der Umstand, daß wir uns das nicht oder nicht immer gut vorstellen können, bewirkt die Doppelbilder. In dem Augenblick, in dem die Marken durch Verschieben der Platte rechts nach außen sich zu einem Bilde vereinigen, hat man auch wieder ein vollkommen stereoskopisches Bild der Marke und *diese tritt dann körperlich aus der Erdoberfläche heraus.*

Wie aus vorstehendem ersichtlich, gilt als *Einstellungsmarke* nicht das eine oder das andere Ende des Vertikalstriches, sondern *der Durchschnittspunkt desselben mit der feinen Querlinie.* Selbstverständlich kann man sich auf jeden anderen Punkt der Meßmarke, der dann natürlich auch bei der Ermittelung der Nullpunkte zu nehmen ist, einigen. Ich habe aber gefunden, daß diese Einstellung, bei welcher der Strich genau *zur Hälfte unter, zur anderen Hälfte über* der Erdoberfläche sich befindet, ein weit sichereres Kriterium für die Richtigkeit der Einstellung darbietet, als wenn man die Marke mit ihrem unteren Ende einfach auf die Erdoberfläche aufsetzt.

Nachdem auf diese Weise die Meßmarke auf den zu messenden Landschaftspunkt eingestellt ist — wie man sofort sieht, ist der Effekt genau der gleiche, wie wenn man in der Landschaft selbst die Meßlatte durch den Lattenträger an Ort und Stelle aufstellen läßt — sind die drei in Betracht kommenden Maßstäbe abzulesen. So ergeben sich z. B. für den im Plan eingezeichneten Objektpunkt P folgende Ablesungen

$$12{,}12\ mm \qquad 3{,}7\ mm \qquad 71{,}9\ mm,$$

und man erhält hieraus unter Berücksichtigung der oben bezeichneten Nullpunkte die gesuchten Größen zu

$$a = 12{,}12\ mm \qquad x_1 = 68{,}6\ mm \qquad y_1 = 35{,}5\ mm.$$

In Zukunft können nach Berücksichtigung des auf *S. 321, Anm. 1* gemachten Vorschlags geradeso wie a auch die Werte x_1 und y_1 *unmittelbar* am Apparat abgelesen werden.

5. *Umwandlung der gefundenen Werte in die Raumkoordinaten und Übertragung derselben auf den Meſstisch.* Für diese Umwandlung hatte ich bereits in meiner letzten Mitteilung einige Vorschläge gemacht, nur sind dieselben, da sie damals noch nicht praktisch erprobt waren, unvollständig. Jetzt liegt die Sache wesentlich anders, insonderheit auch deshalb, weil ich inzwischen Gelegenheit hatte, dank der Liebenswürdigkeit des Hrn. Generalmajor Schulze, unter Anleitung des Hrn. Topographen Seliger das bei der topographischen Abteilung angewandte Meßtischverfahren in der Praxis kennen zu lernen und darüber nachzudenken, wie sich die Art der Übertragung der gemessenen Punkte auf den Meßtisch am vorteilhaftesten und unter Anlehnung an die altbewährten Hülfsmittel der Meßtischaufnahme bewerkstelligen läßt. Denn das schien mir nach Einblick in die beim Meßtisch vorliegenden Verhältnisse sofort klar, daß diese Übertragung ausschließlich durch geometrische Konstruktion ohne irgend welche Rechnung zu erfolgen habe.

Unsere Aufgabe besteht in der Hauptsache in der Beantwortung der Frage, wie ein Landschaftspunkt (z. B. der Punkt P in unserem obigen Beispiel), dessen Bildpunktkoordinaten a, x_1 und y_1 gemessen sind, bezw. eine Reihe solcher Punkte am einfachsten und sichersten in den Plan eingezeichnet und ihre Höhen ermittelt werden. Mit dem Detaillieren (Krokieren) und dem Einzeichnen der Höhenkurven haben wir uns hier nicht weiter zu befassen. Beides geschieht hier genau so wie beim Meßtischverfahren im Anschluß an die gemessenen Fixpunkte, nur mit dem Unterschied, daß statt der freien Natur das stereoskopische Raumbild der Landschaft benutzt wird.

Den *Maſsstab der Verkleinerung* für unseren Plan wählten wir zu 1 : 10 000. Denn es ergab sich auf Grund einiger Probemessungen, daß es bei der benutzten Standlinie von 100 *m* ein leichtes sei, die im Landschaftsbild vorkommenden Entfernungen (bis zu 2500 *m*) bis auf 1 bis $1\frac{1}{2}$ *m* genau zu bestimmen, sodaß die Fehlergrenze des Planes (0,1 *mm* = 1 *m*) ungefähr auch die Fehlergrenze des Messungsverfahrens darstellt.

Wir beginnen damit, den Stationspunkt M_1 und die Richtung der optischen Achse auf dem Zeichentisch festzulegen, ziehen dann im Abstand f = 244,7 *mm* von M_1 eine Senkrechte zur optischen Achse und versehen diese Senkrechte nach beiden Seiten mit einer Millimeterteilung, deren Nullstrich in der Achse gelegen ist[1]).

Das erste, was wir jetzt zu bestimmen haben, ist die Lage der durch den Landschaftspunkt P gehenden, senkrecht zur optischen Achse gelegenen *Ebene gleicher Parallaxe* a = 12,12 *mm*. Da der Wert a bis auf 0,01 *mm* genau anzusehen ist, so können wir mit ihm ohne Einbuße der Genauigkeit zeichnerisch nichts anfangen. Das wird aber sofort anders, sobald wir unsere Beziehung $E : B = f : a$ folgendermaßen $E : 10\,B = f : 10\,a$ schreiben, mit anderen Worten, der Konstruktion die Werte $10\,B$ = 100 *mm* und $10\,a$ = 121,2 *mm* zugrunde legen. Die Konstruktion selbst besteht darin, daß wir in dem Abstand $10\,B$ = 100 *mm* eine Parallele NN zur optischen Achse ziehen, die Strecke $10\,a$ = 121,2 *mm* auf dem Millimetermaßstab abtragen und den Endpunkt dieser Strecke mit M_1 verbinden. Der Durchschnittspunkt S dieser Verbindungslinie mit NN ist dann ein Punkt der zu a = 12,12 *mm* gehörigen Ebene gleicher Parallaxe, und die durch S senkrecht zur optischen Achse gezogene Gerade SE ist die Projektion dieser Ebene[2]).

Wir finden ferner die Lage des Punktes P auf SE, indem wir den Abszissenwert x_1 = 68,6 *mm* auf dem Maßstab auftragen, nach oben oder unten, je nachdem der Punkt P links oder rechts vom Vertikalfaden der linken Platte gelegen ist, und den Endpunkt mit M_1 verbinden. Der Durchschnittspunkt der Verbindungslinie mit SE ist dann der gesuchte Punkt P.

Zur Ermittelung der Höhe H des Punktes P tragen wir die Ordinate y_1 = 35,5 *mm* auf dem Maßstab auf, verbinden den Endpunkt dieser Strecke mit M_1 und erhalten in dem Abstand des Durchschnittspunktes T von der optischen Achse, indem wir

---

[1]) Ist der Maßstab innerhalb des Planes nicht erwünscht, so steht natürlich nichts im Wege, und für die in Aussicht genommene Benutzung kleinerer Brennweiten für stereo-photogrammetrische Arbeiten ist dieses Verfahren von vornherein zu empfehlen, den Abstand der Senkrechten von M_1 auf den doppelten bezw. dreifachen Betrag der Brennweite zu bemessen und dann natürlich auch die Millimeterteilung durch eine 2 *mm*- bezw. 3 *mm*-Teilung zu ersetzen.

[2]) Unser in Fig. 1 abgebildetes Zeichenblatt reichte aus für Parallaxenwerte bis zu 25 *mm*. Für näher gelegene Punkte kann man sich in der Weise helfen, daß man die Konstruktion statt mit $10\,a$ und $10\,B$ jetzt mit $5\,a$ und $5\,B$ ausführt. Ebenso kann man für sehr kleine Parallaxenwerte die infolge des spitzen Winkels der sich durchschneidenden Geraden auftretende Unsicherheit in der Ortsbestimmung der Ebene gleicher Entfernung dadurch etwas mindern, daß man statt $10\,a$ und $10\,B$ die doppelten Beträge benutzt (vgl. Fig. 2, *S. 328*).

diesen zwischen die Spitzen eines Zirkels nehmen und seine Länge am Millimetermaßstab ablesen, den Höhenunterschied der beiden Punkte P und M_1 zu $Y = 291$ *m* mit der durch die Ablesung bedingten Genauigkeit von 0,1 *mm* = 1 *m*. Die absolute Höhe des Punktes P ergibt sich dann sofort zu $H = H_1 + Y = 439{,}5$ *m*. Um endlich die an sich kleine, aber auf die Dauer umständliche algebraische Addition der beiden Zahlen H_1 und Y zu ersparen, empfiehlt es sich, die Teilung an der Stelle 14,85 *mm* mit einer feinen Querlinie zu versehen und hier die Zirkelspitze einzusetzen. Die Ablesung am Maßstab ergibt dann sofort den Wert H. Hinsichtlich der angegebenen Genauigkeit der Höhenbestimmung ist noch zu bemerken, daß diese sich noch dadurch steigern läßt, daß man den Wert y_1 statt bis auf 0,1 *mm*, bis auf einige Hundertstel Millimeter genau zu bestimmen sucht, was keine Schwierigkeiten macht, und zur Konstruktion von Y ein entsprechendes Vielfaches von y_1, für kleinere Werte etwa $10\,y_1$ benutzt.

In dieser Weise sind die sämtlichen in dem Plan von kleinen Kreisen eingeschlossenen Punkte bestimmt worden. Anfangs wurde auf die relative Lage dieser Punkte zueinander keine besondere Rücksicht genommen. Aber bald schon erkannten wir, daß man sich die Arbeit dadurch wesentlich vereinfachen kann und zugleich einen Gewinn an Genauigkeit erhält, daß man die für den Punkt P gefundene Parallaxe a für eine Reihe von Punkten *unverändert* bestehen läßt, mit anderen Worten, daß man die Marke allein durch Verschieben des Plattenpaares auf den beiden Hauptschlitten oder, was dasselbe ist, in der der Parallaxe a entsprechenden Ebene gleicher scheinbarer Entfernung bewegt und sie auf die in dieser Vertikalebene gelegenen charakteristischen Punkte der Landschaft einstellt. Da alle diese Punkte im Plan auf der Projektionsgeraden SE gelegen sind, so braucht diese nur einmal konstruiert zu werden, und die ganze Arbeit geht wesentlich schneller von statten. In dieser Weise sind insonderheit die im Vordergrund der Landschaft gelegenen Teile des Planes[1]) bearbeitet worden, wobei ausnahmsweise einzelne, besonders charakteristische Punkte, die nicht mit einer der Ebenen zusammenfielen, für sich ermittelt wurden.

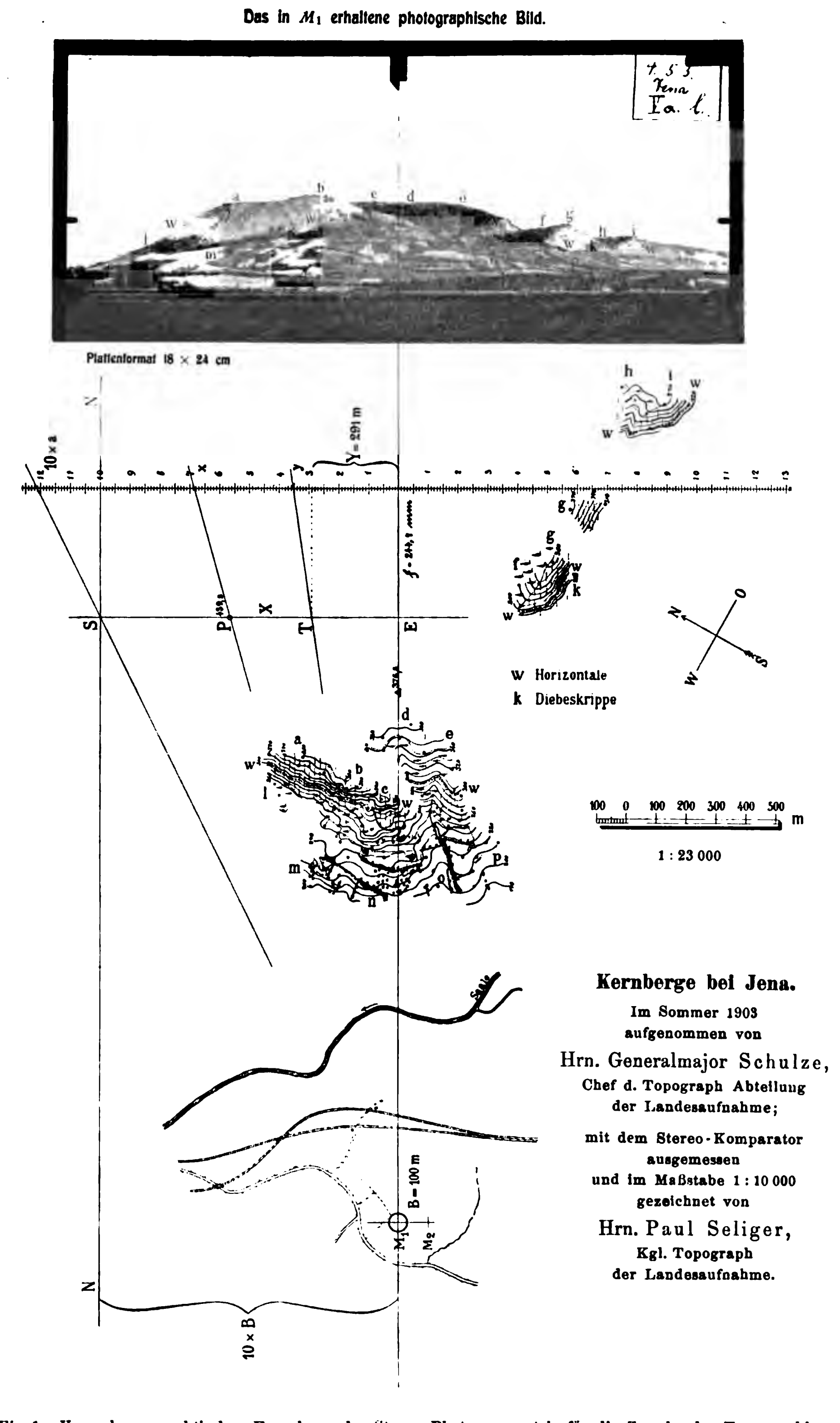
Das vorstehend bezeichnete Verfahren können wir uns noch nach der Richtung erweitert denken, daß wir das Zeichenblatt von vornherein mit einer Reihe von Senkrechten zur optischen Achse versehen, deren Durchschnittspunkte S mit der Parallelen NN auf den Millimetermaßstab vom Punkte M_1 aus projizieren und den Stereo-Komparator nacheinander auf die durch die Ablesungen bestimmten Parallaxenwerte a einstellen. Jedenfalls empfiehlt es sich, in dem Plan neben jede dieser Geraden den zugehörigen Parallaxenwert a bezw. die diesem entsprechende Einstellung der Parallaxenschraube zu notieren, um so die Möglichkeit zu haben, ohne viel Umstände schnell von der einen Ebene gleicher Parallaxe zu einer anderen überzugehen.

Es ist nach vorstehendem selbstverständlich, daß wir für einen gegebenen Punkt des Planes durch Konstruktion nicht allein den Parallaxenwert a, sondern auch die beiden Bildpunktkoordinaten x_1 und y_1 ableiten können. Wir sind daher jederzeit in der Lage, durch Einstellung der drei Maßstäbe des Stereo-Komparators die Meßmarke im Raumbild der Landschaft auf jeden Punkt des Planes wieder einzustellen, ohne einen Blick vorher in die Mikroskope zu tun, was in einzelnen Fällen für das *Wiederauffinden* bezw. für die *Revision gemessener Punkte* von Bedeutung sein kann.

Endlich haben wir uns noch ein Urteil zu bilden gesucht über den praktischen

[1]) Nicht zu verwechseln mit der unmittelbaren Umgebung der beiden Standpunkte M_1 und M_2, die nachträglich unter Zugrundelegung der neuen Meßtischaufnahme zur Orientierung eingezeichnet worden ist.

Das in M_1 erhaltene photographische Bild.



Kernberge bei Jena.

Im Sommer 1903
aufgenommen von
Hrn. Generalmajor Schulze,
Chef d. Topograph Abteilung
der Landesaufnahme;
mit dem Stereo-Komparator
ausgemessen
und im Maßstabe 1 : 10 000
gezeichnet von
Hrn. Paul Seliger,
Kgl. Topograph
der Landesaufnahme.

Fig. 1. Versuch zur praktischen Erprobung der Stereo-Photogrammetrie für die Zwecke der Topographie von Dr. C. Pulfrich.

Wert des von mir in meiner letzten Publikation[1]) gemachten *Vorschlages der Konstruktion von Höhenkurven.* Dieser Vorschlag geht dahin, daß man die Meßmarke auf eine bestimmte Entfernung und in der dieser Entfernung zugehörigen Profilebene auf eine bestimmte Höhe einstellt und dann durch Horizontalverschiebung des Plattenpaares diejenigen Punkte der Landschaft aufsucht und in den Plan einzeichnet, an denen die Meßmarke die oben bezeichnete Einstellung auf Gleichheit der Entfernung besitzt, also zur Hälfte unter, zur anderen Hälfte über der Erdoberfläche sich befindet. Indem man dann dieses Verfahren nacheinander auf verschiedene Höhen mit bestimmtem Höhenunterschied ausdehnt und von einer Vertikalebene zur anderen fortschreitet, erhält man sofort in der Verbindungslinie der Punkte gleicher Höhe die gesuchten Kurven.

Die praktische Erprobung dieser Methode hat im vorliegenden Falle zu keinem befriedigenden Resultat geführt und zwar aus dem Grunde, weil hierbei der Grundriß nicht die Berücksichtigung finden kann, die er für die Zwecke der Topographie verdient. Aus diesem Grunde haben wir dies Verfahren auch gar nicht weiter verfolgt. Ob es unter anderen Umständen, z. B. für die von Hrn. Geh. Admiralitätsrat Rottock geplante *Untersuchung der Meereswellen* mit Hülfe des Stereo-Komparators[2]) eine größere praktische Bedeutung finden wird, wage ich natürlich nicht zu entscheiden. Die Sache liegt insofern anders als in der Landschaft, weil hier ein eigentlicher Grundriß gar nicht besteht. Überhaupt glaube ich, daß man sich bei der Wiedergabe der Körperformen irgend eines Objektes durch Niveaukurven nicht ausschließlich an die eine oder an die andere Methode der Herstellung solcher Kurven binden darf, sondern daß man auch bei Landschaftsaufnahmen je nach den Terrainverhältnissen bald das eine bald das andere Verfahren verwertet.

6. *Die zeichnerischen Hülfsmittel bei der vorliegenden Konstruktion* (Fig. 2). Die praktische Ausführung der Konstruktion erfuhr durch die in Fig. 2 abgebildeten Zeichenvorrichtungen eine nicht unerhebliche Förderung. Diese bestehen aus dem um den Punkt M_1 drehbaren Lineal L_1, dem an dem Zeichenbrett in bestimmter Richtung zu befestigenden Lineal L_2 und dem an L_2 anzulegenden Dreieck D. Wie wir gesehen haben, macht die Konstruktion der Lage und der Höhe des Punktes P ein dreimaliges Anlegen des Lineals an M_1 notwendig. Um dies ein für allemal zu ersparen, ist das Lineal L_1 mit einer zylindrischen Durchbohrung und das Zeichenbrett mit einem auf den Punkt M_1 aufgesetzten und in die Durchbohrung eingeschliffenen Zapfen versehen, derart, daß die Drehungsachse genau über dem Punkt M_1 und in der zum Zeichnen benutzten oberen Kante des Lineals L_1 gelegen ist. Die genaue Justierung des mit einer achsialen Durchbohrung versehenen Zapfens zu M_1 wurde mittels einer vorher in den Punkt M_1 eingestochenen, in die Durchbohrung genau passenden Nadel vorgenommen. Die Befestigung des Zapfens geschah anfangs durch drei auf der unteren Seite des Zapfens angebrachte Spitzen, später durch Aufkitten mittels Schellack[3]).

Das so justierte Lineal L_1 kann durch Anfassen an den beiden Knöpfchen K_1 und K_2 und durch Drehen um die Achse und Heben leicht vom Zeichentisch herunter-

[1]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 43. 1903.*

[2]) Rottock, Meereswellen-Beobachtungen. *Ann. d. Hydrogr. u. maritimen Meteorol. 1903. S. 329.*

[3]) Übrigens ist es nicht unbedingt notwendig, den Zapfen in der angegebenen Weise auf dem Zeichentisch zu befestigen. Die Rücksicht auf das Zeichenbrett wird es in manchen Fällen wünschenswert machen, die Befestigung in anderer Art vorzunehmen. Es kann dies in verschiedener Weise geschehen, z. B. durch einen am Rande des Zeichenbrettes befestigten und mit Einrichtungen für die Justierung des Zapfens versehenen Halter.

genommen werden. Für die Konstruktion kann es aber auf dem Zeichentisch liegen bleiben; es wird, wo es im Wege ist, einfach zur Seite geschoben.

Das zweite Lineal L_2 und das Dreieck D dienen ausschließlich zum Ziehen der durch den Punkt S gehenden, senkrecht zur optischen Achse gelegenen Geraden. Um dies zu bewerkstelligen, wird das mit einer genau gearbeiteten geraden Kante und mit einer Spannvorrichtung versehene Lineal so eingestellt, daß das an das Lineal angelegte Dreieck mit der längeren Kathete dem Maßstab der Zeichnung genau parallel gerichtet ist.

In dieser Weise war erreicht, daß die Festlegung eines am Komparator gemessenen Punktes und die Bestimmung seiner Höhe, alle Einstellungen und Ablesungen am Apparat mit eingerechnet, *kaum mehr als* $1^1/_2$ *Minuten in Anspruch nahmen.* Als zweck-

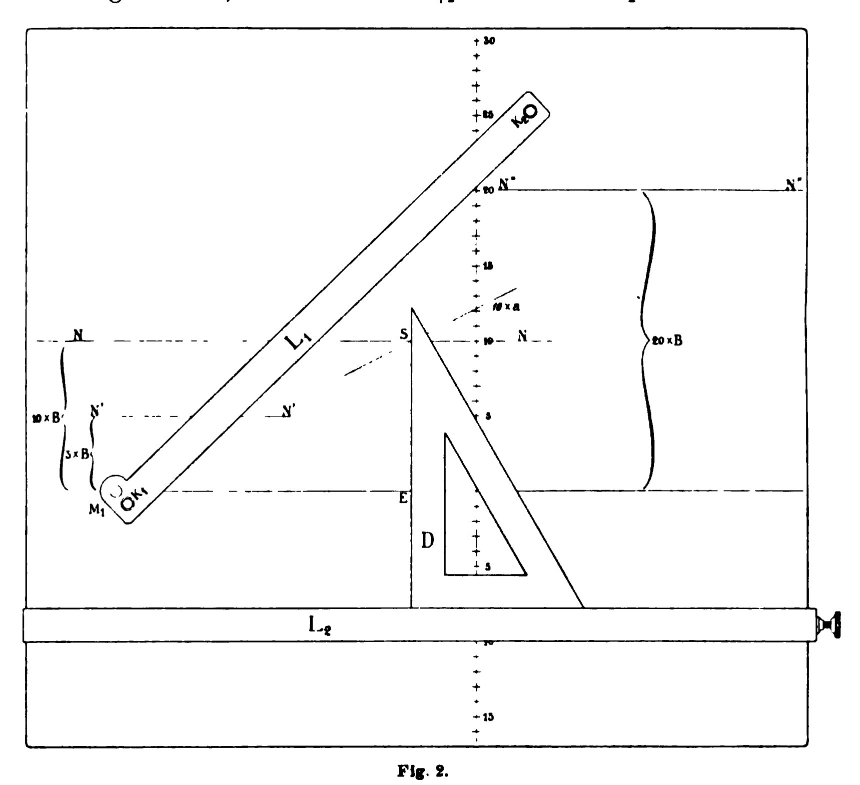


Fig. 2.

mäßig hat sich ergeben, einen Gehülfen für das Aufschreiben der Ablesungen am Komparator und für die erforderlichen algebraischen Additionen heranzuziehen, und in dieser Weise habe ich selbst anfangs Hrn. Seliger bei Anfertigung des vorliegenden Planes assistiert. In Zukunft kann natürlich bei Berücksichtigung des *S. 321 Anm. 1* gemachten Vorschlages der Gehülfe ganz entbehrt werden.

7. *Prüfung des Planes.* Es entsprach durchaus dem Zweck unserer Aufgabe, daß wir viel weniger darauf Wert legten, einen vollständigen Plan der Kernberge auszuarbeiten, als vielmehr das neue Verfahren an einer Landschaft zu erproben, die möglichst verschiedenartige und verschieden weit gelegene Objekte enthält. Aus dem Grunde sind, um nicht unnötig viel Zeit auf den Versuch zu verwenden, nicht alle Teile der Landschaft in gleicher Vollständigkeit behandelt worden. Insonderheit fehlen im Plan von den entfernteren Bergkuppen die Abhänge ganz und an dem Bergabhang im Vordergrund der Landschaft ein nicht unerheblicher Teil, ganz abgesehen von den Teilen der Landschaft, die durch Überdeckung dem Einblick über-

haupt entzogen sind. Um diese letzteren Teile zu erhalten, wäre mindestens noch eine Stereo-Aufnahme mit einer Standlinie auf den den Kernbergen in südöstlicher Richtung gegenüberliegenden Höhen erforderlich gewesen[1]).

Die erste Probe auf die Zuverlässigkeit unseres Planes bot die beständige Kontrolle der gemessenen benachbarten *Punkte unter sich.* Daß man bei wiederholter Messung und Eintragung desselben Punktes immer wieder auf die gleiche Stelle des Planes kommt, hatte ich bereits oben angedeutet. Aber ich habe wiederholt auch den Versuch gemacht, die von Hrn. Seliger gemachten Ablesungen am Komparator bezw. die von mir ausgerechnete Höhe absichtlich und zwar in der Regel nur um geringe Beträge zu entstellen, und es war für mich interessant, zu sehen, wie ein solcher Fehler von einem geschulten Topographen sofort als solcher erkannt und angehalten wird. In der Hinsicht wäre also eine Prüfung unseres Planes ganz unnötig gewesen.

Aber es fragt sich, inwieweit die Fehlerquellen unserer Methode praktisch von Bedeutung gewesen sind, und ob unser Plan auch den Anspruch auf absolute Richtigkeit erheben darf. Bezüglich des zu den Aufnahmen benutzten Apparates erwähnte ich schon weiter oben, daß das Instrument von seiten der topographischen Abteilung der Landesaufnahme schon wiederholt zu Vermessungsarbeiten nach dem bisherigen photogrammetrischen Verfahren benutzt worden ist. Die Übereinstimmung der auf diesem Wege gefundenen Resultate mit den Ergebnissen der Meßtischaufnahme bot daher schon einen willkommenen Prüfstein für die Richtigkeit der von uns benutzten Brennweite $f = 244{,}7$ *mm* und für die Richtigkeit der Justierung des photographischen Apparates.

Wir haben daher auch ganz davon Abstand genommen, die grundlegenden Konstanten des Apparates im einzelnen zu revidieren, und ebenso auch die Verzeichnung des photographischen Objektivs nicht näher untersucht. Wir haben uns ausschließlich darauf beschränkt, *den fertigen Plan nach erfolgter Reduktion auf 1 : 25000 mit dem Meßtischblatt des Hrn. Seliger durch Aufeinanderlegen zu vergleichen.*

Die angegebene Reduktion des Planes geschah mit der denkbar größten Sorgfalt in dem photographischen Reproduktionslaboratorium der Firma Carl Zeiss nach Maßgabe des Abstandes der eigens für diesen Zweck in den vier Ecken des Zeichenbrettes angebrachten Strichkreuzchen voneinander. Die Reproduktion erfolgte unter Benutzung eines dem Objektiv vorgesetzten Reversionsprismas, sodaß der durch Kontaktdruck — natürlich auf Glas — gewonnene Abdruck des $2^1/_2$-mal verkleinerten Negativbildes, durch das Glas gesehen, aufrecht erschien, die Schicht also bei dem Vergleich unmittelbar auf dem Meßtische auflag.

Als Anhalt für den Vergleich selbst dienten der auf dem Meßtischblatt durch trigonometrische Messungen (vgl. *S. 318*) vorher festgelegte Punkt M_1 und die durch den trigonometrischen Punkt auf den Kernbergen gehende optische Achse. Es ergab sich dann, *daß die beiden auf so ganz verschiedenen Wegen erhaltenen Pläne sowohl hinsichtlich des Grundrisses als auch der Bodenformen sich in fast absoluter Übereinstimmung befinden.* Die

[1]) Unsere Aufnahmen haben hinsichtlich der Lage der Aufnahmestationen zur Landschaft einige Änlichkeit mit den Aufnahmen von Küstenlandschaften vom Schiff aus. Das oben angegebene Verfahren, durch mehrere Stereo-Aufnahmen größtmögliche Vollständigkeit des Planes zu erzielen, wird sich auch hier oftmals notwendig machen. Über die relative Lage der beiden Standlinien (bezw. des Schiffes während der beiden Stereo-Aufnahmen) zueinander und zur Landschaft braucht nichts bekannt zu sein. Jeder Plan wird zunächst unabhängig vom anderen bearbeitet, und dann werden beide durch Aufeinanderlegen identischer Punkte zu einem Plan vereinigt. Der Ort des Schiffes während der beiden Aufnahmen wird natürlich hierbei ebenfalls gefunden.

an einigen Stellen vorhandenen, an sich sehr geringen Abweichungen erklären sich nach Ansicht des Hrn. Seliger dadurch, daß in beiden Fällen nicht die gleichen Fixpunkte benutzt wurden.

Dem vorstehenden Resultat entspricht auch im großen und ganzen die *Fehlerrechnung.* Wir bedienen uns hierbei der von mir in meinem Vortrag über den stereoskopischen Entfernungsmesser (München 1899) zuerst erwähnten und abgeleiteten Beziehung

$$dE : E = E : R,$$

wo R den sog. Radius des stereoskopischen Feldes, d. h. die Entfernung desjenigen Punktes bedeutet, der sich im stereoskopischen Sehen eben noch von der Unendlichkeit abhebt.

Dieser Definition entsprechend ist R gegeben durch die Gleichung

$$\frac{\text{Standlinie}}{R} = \frac{\text{Grenzwinkel } \delta \text{ der Tiefenunterscheidung im freien Sehen}}{\text{Fernrohrvergrößerung}}.$$

Unter der Fernrohrvergrößerung verstehen wir hier das Verhältnis der Brennweite ($f = 244,7$ *mm*) des Aufnahmeobjektives zu der Äquivalentbrennweite ($f = 42$ *mm*) der Okulare am Stereo-Komparator. Den Grenzwinkel δ setzen wir in Übereinstimmung mit der Genauigkeit der Parallaxenbestimmung (0,01 *mm*) und unter Hinweis auf die in *dieser Zeitschr.* ***22.*** *S. 141. 1902* gemachten Erörterungen gleich rund 1'.

Somit erhalten wir den Radius des stereoskopischen Feldes zu

$$R = 6 \cdot 3400 \cdot 100 \, m = 2040 \, km$$

und den Fehler der Entfernungsmessung beispielsweise für $E = 1000 \, m$ zu

$$dE = \frac{1}{2040} \cdot 1000 \, m = 0,5 \, m \text{ oder } 0,05 \, mm \text{ im Plan}$$

und, da der Fehler auf der doppelten Entfernung viermal so groß ist, für $E = 2000 \, m$ zu $dE = 2 \, m$ oder 0,2 *mm* im Plan.

Wir wollen uns endlich hier noch die Frage vorlegen, wie das *Modell unserer Landschaft* beschaffen sein muß, welches, im freien Sehen betrachtet, geometrisch gleichwertig ist dem im Stereo-Komparator betrachteten Raumbild der Landschaft. Ich habe diese Frage ganz allgemein vor kurzem in *dieser Zeischr.* ***23.*** *S. 138. 1903* behandelt und die Resultate dieser Überlegungen für die verschiedenen in Frage kommenden Instrumente in einer Tabelle (*S. 142*) zusammengestellt. Demzufolge hat die Basisvergrößerung (n-fach) den gleichen Effekt, wie wenn sämtliche Objekte der Landschaft *in n-maliger Verkleinerung* dem Beobachter n-mal näher gerückt werden, und die Fernrohrvergrößerung (m-fach) hat den Effekt, wie wenn sämtliche Objekte *in unveränderter Front* m-mal näher gerückt werden. Das durch Basisvergrößerung erzielte stereoskopische Raumbild ist somit ein in allen Teilen gleichmäßig verkleinertes und dem Beobachter näher gerücktes, der Landschaft also vollkommen ähnliches Modell, das durch Fernrohrvergrößerung erzielte stereoskopische Raumbild dagegen die kulissenartig nach vorn zusammengeschobene Landschaft selbst.

Für die von uns untersuchten Landschaftsaufnahmen ist eine vollkommene Modellähnlichkeit des stereoskopischen Raumbildes weder durch die Mikroskope, noch durch das für den allgemeinen Überblick bestimmte Spiegelstereoskop erreicht, beim Spiegelstereoskop deshalb nicht, weil der Abstand der Augen des Beobachters von der Bildfläche nicht mit der Brennweite des Aufnahmeobjektives übereinstimmt. Dieser Abstand ist ungefähr doppelt so groß und der Bildwinkel ist auf die Hälfte ($m = 1/2$) reduziert. Wir haben somit in beiden Fällen ein nach der Tiefe defor-

miertes, bei dem Spiegelstereoskop 2-mal ausgezogenes, bei den Mikroskopen 6-mal zusammengedrücktes, im übrigen rund 1500-mal verkleinertes Modell. Die Entfernungen der einzelnen Objekte des Modelles sind gegeben durch $\frac{1}{750} E$ bezw. $\frac{1}{9000} E$ und die Dimensionen Tiefe × Breite × Höhe durch $\frac{1}{750} \times \frac{1}{1500} \times \frac{1}{1500}$ bezw. $\frac{1}{9000} \times \frac{1}{1500} \times \frac{1}{1500}$. Auf die Messung selbst hat natürlich diese Deformation nach der Tiefe keinerlei Nachteil. Auch ist sie für die Erkennung und für die Beurteilung der einzelnen Raumgebilde der Landschaft praktisch so gut wie gegenstandslos. Übrigens steht nichts im Wege, den Stereo-Komparator mit einem weiteren, bildaufrichtenden Mikroskop auszurüsten, welches so eingerichtet ist, daß die Äquivalentbrennweite der Okulare gleich ist der Brennweite des für die Aufnahme benutzten Objektives. In diesem Falle würde dann das Raumbild der Landschaft dieser vollkommen modellähnlich sein.

8. *Schlufsbemerkungen.* Das Hauptergebnis vorliegender Arbeit besteht in dem experimentellen Nachweis, daß die von mir angegebene stereophotogrammetrische Methode sich ohne irgend welche Bedenken in die Praxis übertragen läßt. Insonderheit haben wir gesehen, daß das Arbeiten am Stereo-Komparator und am Zeichentisch in der denkbar einfachsten Weise, ohne irgend welche, den Fortschritt der Arbeit hemmende Rechnungen vor sich geht. Hr. Seliger hat mir erklärt, daß die Arbeit mindestens ebenso schnell von statten gehe, wie die mit dem Meßtisch. Als besonders angenehm hat er die Unabhängigkeit von Wind und Wetter empfunden.

Der Versuch ist auch für die Konstruktion des gegenwärtig in Fabrikation befindlichen, den Anforderungen unserer Methode besonders angepaßten Phototheodoliten von Nutzen gewesen, und ich hoffe, daß der neue Apparat, über den ich später noch ausführlich berichten werde, eine durchaus brauchbare Lösung auch dieses Teiles unserer Aufgabe darstellen wird. In Aussicht genommen ist zunächst für die Vermessung auf dem Lande ein Modell mit einem Aufnahmeobjektiv von rund 17 *cm* Brennweite und mit dem Plattenformat 13 × 18 *cm*. Für die Aufnahme von Küsten, Inseln, Flußmündungen u. s. w. vom Schiffe aus ist es natürlich angebracht, eine wesentlich längere Brennweite, etwa 30 *cm*, und eine Platte von ungefähr 30 *cm* Breite zu verwenden. Die Höhe der Platte kann in Anbetracht des Umstandes, daß die Aufnahmen vom Schiff aus erfolgen, erheblich kleiner sein, als sonst bei Landschaftsaufnahmen üblich ist. Die Untersuchung der letzteren Platten hätte zu erfolgen mit dem größeren der beiden neuen Modelle des Stereo-Komparators. Für die anderen Platten kann sie sowohl mit dem größeren, als auch mit dem kleineren Modell vorgenommen werden.

Zum Schluß möchte ich, um von vornherein etwaigen Mißverständnissen zu begegnen, und soweit ich nach meinen bisherigen Erfahrungen glaube, darüber urteilen zu können, mit einigen Worten darauf hinweisen, *welche Stellung voraussichtlich später die Stereo-Photogrammetrie zum Meſstischverfahren einnehmen wird.*

Bisher hatte ich mich in meinen Veröffentlichungen darauf beschränkt, zu zeigen, was das neue Verfahren, *auf sich allein angewiesen*, zu leisten imstande ist. Ich bin aber keineswegs der Ansicht, daß nunmehr die Stereo-Photogrammetrie unter allen Umständen ausschließlich oder auch nur an erster Stelle herangezogen werden müsse. Dazu haben die bisherigen Methoden, insonderheit das Meßtischverfahren, sich viel zu sehr bewährt und eingebürgert. Daher wird wohl auch in Zukunft überall da, wo der Topograph den Meßtisch aufstellen kann und darf, und da, wo genügend lange

Zeit für die topographischen Aufnahmen und für die derselben vorauszuschickende trigonometrische Festlegung einzelner Punkte zur Verfügung steht, das Meßtischverfahren an erster Stelle Verwendung finden.

Aber es gibt viele Fälle, wo diese Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Meßtischverfahrens nicht oder nur zum Teil erfüllt ist, und wo man bisher schon vielfach zu anderen Methoden seine Zuflucht hat nehmen müssen. Solche Fälle liegen z. B. vor auf allen *Forschungsreisen zu Wasser und zu Lande*, ferner überall da, wo es sich um die *Vermessung unzugänglicher Stellen, wie Felswände, Schluchten und Gletscher im Hochgebirge*, um die Anfertigung topographischer *Städtepläne*, um die Vermessung von *Küstenlandschaften vom Schiff aus*, sowie um *rein militärische Aufgaben beim Festungskrieg*, bei Vermessungen der *Landesgrenzen*, mit und ohne Ballon, u. s. w. handelt. Hier ist das Feld, auf dem die stereo-photogrammetrische Methode vollauf Gelegenheit zur Betätigung finden wird, und wo sie von keiner anderen Methode überholt wird[1]).

Das stereo-photogrammetrische Verfahren und das Meßtischverfahren sind daher weit davon entfernt, einander feindlich gegenüberzustehen. Gerade so wie das stereo-photogrammetrische Verfahren überall da mit Vorteil einsetzt, wo das Meßtischverfahren versagt, so wird man auch das letztere zur Vervollständigung stereo-photogrammetrischer Aufnahmen nicht entbehren können. Die beiden Methoden unterstützen sich daher gegenseitig und es bedarf kaum eines besonderen Hinweises, daß sie auf dem Meßtischblatt unbekümmert neben einander zur Anwendung gelangen können[2]). Übrigens hat in diesem Herbst Hr. Generalmajor Schulze durch Hrn. Seliger noch einen zweiten Versuch bei Fulda zur Ausführung bringen lassen, aus dem hervorgeht, daß auch die auf Grund stereo-photogrammetrischer Messungen bewirkte *Punktbestimmung* als vollkommen ausreichende Unterlage zur *Konstruktion eines Städteplanes* auf dem Meßtischblatt 1 : 25 000 dienen kann.

Was nun die Photogrammetrie in ihrer bisherigen Gestalt anbetrifft, so hat es nach dem Vorstehenden den Anschein, als ob für sie kaum noch ein genügender Spielraum für eine rationelle Betätigung vorhanden sei, denn in den Fällen, wo sie früher als eine willkommene Hülfe für topographische Arbeiten angesehen worden ist,

---

[1]) Für die angedeuteten militärischen Aufgaben bietet übrigens der stereoskopische Vergleich zweier Aufnahmen, die in bestimmten Intervallen entweder von der gleichen Stelle oder von den Endpunkten einer gegebenen Standlinie aus gemacht werden, ganz ohne Rücksicht auf Vermessungszwecke den *Vorteil, daſs jede in der Zwischenzeit vor sich gegangene Veränderung des Landschaftsbildes sofort und ohne langes Suchen als solche erkannt wird.* Für diese Art von Arbeiten erscheint die Benutzung von *Teleobjektiven* besonders vorteilhaft. Im Übrigen sei auf die in dem oben erwähnten Prospekt veröffentlichte Zusammenstellung der Aufgaben für den Stereo-Komparator hingewiesen.

[2]) Das stereoskopische Messungsverfahren hat sich auch noch in anderer Weise als nutzbringend für die Aufgaben des Meßtisches erwiesen. Ich habe nämlich Hrn. Seliger gebeten, das von mir speziell für topographische Arbeiten und andere Zwecke konstruierte kleinste Modell des *stereoskopischen Entfernungsmessers* — dasselbe hat eine vierfache Fernrohrvergrößerung, eine Basis von 32 *cm* und ist mit einer Tiefenskale von 20 bis 500 *m* ausgerüstet — einmal versuchsweise in Benutzung zu nehmen, und es hat sich hierbei nach mehrmonatlichem Gebrauch des Apparates ergeben, daß durch ihn die Meßtischarbeit (Krokieren und Topographieren) nicht nur wesentlich erleichtert, sondern auch verbessert wird, was ganz besonders in den Fällen zutrifft, wo die Aufstellung der Meßlatte nicht oder nur mit Schwierigkeiten durchführbar ist und wo ein Abschreiten der Strecke ausgeschlossen ist.

Über ein Verfahren, mit Hülfe des stereoskopischen Entfernungsmessers und eines eigens für diesen Zweck schon vor mehreren Jahren von mir konstruierten *Tachygraphen* von einem gegebenen Standpunkt aus einen Plan der Umgebung mit Höhenkurven zu konstruieren, und über einen nach diesem Verfahren im letzten Sommer von mir ausgeführten praktischen Versuch werde ich an anderer Stelle näher berichten.

erscheint [illegible]
dringt [illegible]
brauche [illegible]
Kenner [illegible]
[illegible]
jedes [illegible]
[illegible]
Modell [illegible]
[illegible]
[illegible]
bisherige [illegible]
[illegible] der Stereo-Photogrammetrie [illegible]

[illegible] die Stereo-Photogrammetrie [illegible]
Stereo-Photogrammetrie [illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible]
der Photogrammetrie [illegible]
der Platten [illegible]
[illegible] der Stereo-Photogrammetrie [illegible]
liegen die Verhältnisse für die [illegible]
dem Falle, wo die Plattenebene [illegible]
spiel sich befindet, und in dem Falle, wo die [illegible]
[illegible] geneigten Achsen [illegible]
Stereo-Aufnahmen können [illegible]
sei es, daß man mit schräg [illegible]
gelegenen Teile eines Gebirges [illegible]
teten Achsen die entfernteren Teile der Erdoberfläche [illegible].
Stellung der beiden Platten [illegible] unsere Bedingung [illegible]
lichkeit vorliegt, den Neigungswinkel der Plattenebene zur [illegible]
blicke der Aufnahme zu bestimmen. Für die Bestimmung [illegible]
bieten sich mancherlei Wege, auf die ich hier nicht näher [illegible]
ich hier nur betonen möchte, ist der Umstand, daß die Auswertung [illegible]
Aufnahmen mit dem Stereo-Komparator — dasselbe gilt auch [illegible]
Aufnahmen, welche vom Schiff aus gemacht werden, insofern [illegible]
Lage der optischen Achse infolge der Schiffsschwankungen nur [illegible]
Fällen zu erreichen sein wird — *keinerlei Schwierigkeiten bereitet*, und [illegible]
des Planes genau in der gleichen einfachen Weise ohne irgend [illegible]
allein auf graphischem Wege, wie in unserem vorliegenden Plane [illegible]
kann, sodaß nach dieser Richtung auch nicht die geringsten [illegible]
Benutzbarkeit solcher Aufnahmen bestehen.

Anders liegen natürlich die Verhältnisse, sobald es sich um [illegible]
von Aufnahmen handelt, bei denen die Platten *nicht in einer Ebene* [illegible]

dies z. B. fast immer zutrifft, wenn die beiden Aufnahmen nacheinander mit demselben Apparat von einem Luftballon oder von einem Schiff aus bewerkstelligt werden. Daß man aus zwei solchen Ballonaufnahmen unter Benutzung von Lotleinen, die sich auf der Photographie mit abbilden, ohne Kenntnis des Ortes der beiden Aufnahmepunkte einen topographischen Plan der aufgenommenen Landschaft bis auf den Maßstab und die äußere Orientierung herstellen kann, hat vor kurzem Hr. Prof. Finsterwalder[1]) zu zeigen vermocht[2]).

Für solche Aufnahmen ist natürlich die Stereo-Photogrammetrie zunächst nicht verwendbar. Ich sage zunächst, weil die *Möglichkeit der Verwendbarkeit* nach einem Vorschlage, den mir vor kurzem Hr. H. G. Fourcade aus Kapstadt bei Gelegenheit eines Besuches in Jena gemacht hat[3]), nicht ausgeschlossen erscheint. Der Vorschlag besteht darin, daß man durch Umphotographieren des Negativs mit Hülfe einer zweiten, der Aufnahmekamera gegenüber gestellten Kamera die von einem Punkte aus erfolgte Aufnahme in eine solche mit anders gerichteter Achse umwandelt und hierbei die Möglichkeit hat, der Anforderung unserer Methode, daß die Platten in einer Ebene liegen müssen, durch Einstellung der zweiten Kamera Rechnung zu tragen, ein Verfahren, bei dem die Natur gewissermaßen durch die in die Aufnahmekamera gesetzte Negativ-Platte ersetzt wird. Ob das Verfahren praktisch brauchbare Resultate liefern wird, bleibt natürlich abzuwarten. Immerhin aber sieht man hieraus, daß selbst in dem vorliegenden, jedenfalls sehr verwickelten Falle unüberwindliche Schwierigkeiten der Anwendbarkeit der stereo-photogrammetrischen Methode nicht im Wege stehen.

Jena, im Oktober 1903.

Der Hochseepegel.

Von
Adolf Mensing in Berlin.

Zur Bestimmung des Flutwechsels auf offener See und an Orten, an denen feste Pegelmarken nicht angebracht werden können, war man bis jetzt darauf angewiesen, die Wassertiefen bei verschiedenen Gezeitenphasen mittels eines Lots zu bestimmen und den Flutwechsel aus den Differenzen zu berechnen. Diese Methode ist einmal ungenau; außerdem erfordert sie die ständige Anwesenheit eines Fahrzeugs am Stationsorte. Dadurch wird sie so kostspielig, daß man z. B. in der Nordsee nördlich vom 54. Breitengrade, außer auf dem Feuerschiffe Horns Reev, nur an etwa sieben Punkten derartige Beobachtungen gemacht hat, von denen nur zwei länger als 36 Stunden fortgesetzt wurden.

Der nachstehend beschriebene auf dem *Prinzip des Differenzial-Manometers* beruhende Apparat soll diesen Mängeln abhelfen und die Möglichkeit gewähren, den

[1]) S. Finsterwalder, Neue Methode zur topographischen Vermessung von Ballonaufnahmen. *Sitzungsber. d. Münch. Akad. 1903.*

[2]) Vgl. auch Laussedat, *Sur un moyen rapide d'obtenir le plan d'un terrain en pays de plaines, d'après une vue photographique prise en ballon. Compt. rend.* ***137.*** *S. 24. 1903.*

[3]) Nach den mir gemachten Mitteilungen und nach einer in *Nature* ***66.*** *S. 139. 1902* erfolgten Veröffentlichung hat Hr. Fourcade seit mehreren Jahren sich ebenfalls mit der Lösung unserer Aufgabe, das Stereoskop für die Zwecke der Topographie dienstbar zu machen, beschäftigt und am 2. Oktober 1901, also nur wenige Tage nach meinem Hamburger Vortrag am 23. September 1901, der *South African Philosophical Society* in Kapstadt den Plan zu einer stereoskopischen Meßmaschine vorgelegt, die in vielen Punkten mit dem von mir konstruierten Stereo-Komparator übereinstimmt.

Flutwechsel an ziemlich beliebigen Orten mit Tiefen bis vorläufig 200 *m* durch eine auf dem Meeresgrund aufgestellte, selbsttätig arbeitende und fortgesetzt registrierende Vorrichtung während einer Periode von 30 Tagen in verläßlicher Weise festzustellen.

Das Prinzip des Apparates ist aus der schematischen Fig. 1 ersichtlich.

K ist eine stählerne Umhüllung, der „Kessel", in welchem der Apparat auf dem Meeresboden aufgestellt ist. Der Kessel hat unten einen doppelten Boden. In den dadurch gebildeten Zwischenraum *B* mündet ein Rohr, durch welches beim Arbeiten des Pegels das Seewasser Zutritt hat, das aber bei dem Auslegen oben durch eine Abschlußvorrichtung *H* geschlossen werden kann. Durch die Öffnung *O* kommuniziert der Raum *B* mit dem Innenraum. *M* ist das Manometer, z. B. ein solches mit Bourdonscher Feder; es steht mit der Stahlflasche *L* in Verbindung, in welche die heberförmig gebogene Röhre *a c* mündet. An das Ende des Heberrohrs *c* ist eine mit einer hygroskopischen Substanz gefüllte Vorlage *V* angeschlossen. Die durch *V* nach *L* gelangende Luft wird so von der ihr anhaftenden Feuchtigkeit befreit.

Von der tiefsten Stelle des Rohres *a c* zweigt ein zweites Rohr *b* ab, das am oberen Ende einen Trichter trägt. Damit durch dieses Rohr ungetrocknete Luft nicht nach *L* gelangen kann, gießt man vor dem Auslegen des Pegels soviel Quecksilber ein, daß der unterste Teil des Rohres *b* gefüllt ist, ohne die Verbindung von *c* nach *a* zu versperren. Über dem Trichter ist ein Kippgefäß *G* um eine Achse drehbar angebracht, welches mit Quecksilber gefüllt ist. Dies kann durch ein Uhrwerk zu einer bestimmten Zeit umgelegt werden und ergießt dann seinen Inhalt in das Rohr *b*. Das Quecksilber steigt blasenlos von *b* aus in *a c* auf. Der so hergestellte Abschluß ist in den durch die Höhe der Röhren gegebenen Grenzen absolut hermetisch.

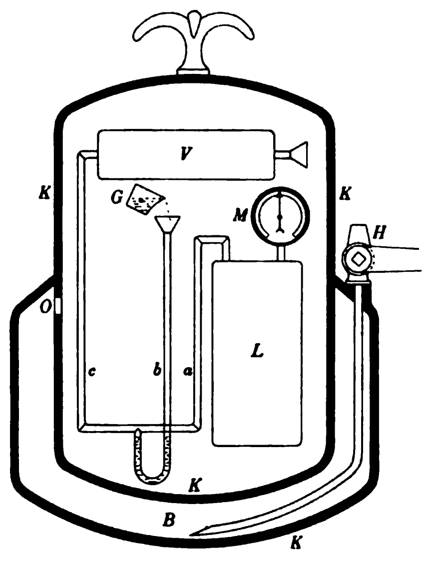


Fig. 1.

Der Pegel stellt also nunmehr ein *Differenzial-Luftmanometer* dar, das einerseits aus der in *L* abgeschlossenen Luftmenge, andererseits aus dem Innern von *K* besteht, dessen Luftinhalt durch die über dem Pegel stehende Wassersäule komprimiert wird. Ändert sich die Höhe dieser Säule und infolge Eintretens oder Austretens von Meerwasser der Luftdruck im Kessel *K*, so wird auch die Luft in *L* entsprechend komprimiert oder dilatiert. Diese Änderungen zeigt das Manometer *M* an, sodaß auf diese Weise die Gezeiten durch den verschiedenen hydrostatischen Druck, den die korrespondierenden Wassersäulen auf dem Meeresboden ausüben, registriert werden können.

Wird ein Apparat beispielsweise in 100 *m* Tiefe ausgelegt, so beträgt der hydrostatische Druck an dieser Stelle etwa 10 *kg* pro *qcm*, und es wird also Luft von atmosphärischer Spannung auf etwa $^1/_{10}$ ihres ursprünglichen Volumens zusammengedrückt. Sind die Größenverhältnisse des Kessels *K* zum Doppelboden *B* etwa die sich aus Fig. 1 ergebenden, so würde, wenn man den Kessel ohne Vorsichtsmaßregeln versenkte, das Seewasser durch *O* in den Innenraum gelangen, das Funktionieren des Apparats beeinträchtigen und die Instrumente verderben. Um dies zu verhindern,

füllt man *K* vor dem Versenken mit Luft, deren Spannung etwas geringer wie der hydrostatische Druck am Stationsorte ist. Dann verschließt man den Hahn *H* und öffnet ihn erst nach dem Versenken.

Bei dem ausgeführten Apparate geschieht dies selbsttätig durch ein an Stelle von *H* angebrachtes Ventil, welches nach dem Wegschmelzen von zwei Zylindern aus Natriumazetat durch eine freiwerdende Feder geöffnet wird. Ist dies geschehen, so vollzieht sich der Ausgleich zwischen der Spannung der Luft im Innern des Pegels und dem äußeren Wasserdruck. Beide sind ins Gleichgewicht gekommen, wenn die innere Spannung dem Druck einer Seewassersäule entspricht, deren Höhe gleich ist dem Abstande: Meeresniveau — Niveau im Doppelboden *B*. Dieser Raum hat übrigens genügende Größe, um bei den zu erwartenden größten Schwankungen ein Einströmen des Wassers durch *O* in das Innere des Pegels auszuschließen.

Den Zeitpunkt für das Umkippen des Gefäßes *G* wählt man so, daß einmal sämtliche Apparatteile die Temperatur des umgebenden Meereswassers angenommen haben und außerdem ungefähr Mittelwasser eingetreten ist. Je nach dem Steigen oder Fallen des Meeresspiegels wird nun das Quecksilber in *a* steigen oder fallen, während in *b* und *c* das Umgekehrte stattfindet.

Da die Luft, welche in die Stahlflasche gelangt, in nahezu absolut trocknem Zustande sich befindet, alle Verbindungen vollständig dicht sind und die Wandungen der Röhren und der Stahlflasche genügende Stärke haben, so kann das *Volumen* der abgesperrten Luft sich nur durch die Niveauschwankungen in dem Rohrsystem ändern, da bei den geringen Temperaturschwankungen die thermische Ausdehnung der Stahlflasche vernachlässigt werden darf. Die *Spannung* der abgesperrten Luft aber wird bei Temperaturschwankungen eine Veränderung erleiden; da diese durch einen vorhandenen Thermographen ermittelt werden, so läßt sich die Korrektion nach dem Druckgesetz der Gase berechnen und an dem erhaltenen Diagramm anbringen. Hiervon abgesehen, bleibt die Spannung der abgesperrten Luft dauernd unverändert.

Der auf das Manometer wirkende äußere Druck aber ändert sich mit dem Steigen und Fallen des Meeresniveaus. Infolgedessen wird der Schreibhebel des Manometers nach der einen oder anderen Seite bewegt. Die Wellenbewegungen haben hierauf keinen Einfluß, weil das Lumen des Ventils *H* ein geringes ist und Schwankungen des hydrostatischen Drucks von ganz kurzer Dauer nur in unmerklichem Grade die Spannung im Innern beeinflussen können.

Denkt man sich den Zeiger des Manometers mit einer Schreibfeder versehen, welche auf einen um eine Trommel gelegten Registrierstreifen schreibt, die durch ein Uhrwerk gedreht wird, so erhält man ungefähr das Bild des ersten ausgeführten Apparats, welcher im Jahre 1897 von einer durch das Reichs-Marine-Amt eingesetzten Kommission in der Jade einigen Versuchen unterzogen wurde.

Die Kommission erkannte das zu Grunde liegende Prinzip als richtig an, verlangte aber die Vornahme folgender Änderungen:

1. Verlängerung der Gangdauer der Uhr und dadurch der des Registrierwerks auf 30 Tage, um mit einem Versuche alle wünschenswerten Daten zu erhalten.

2. Vergrößerung des Verhältnisses der Ordinate der Flutkurve zur Höhenänderung des Meeresniveaus auf 1 : 100, um den Ablesungen die notwendige Genauigkeit zu geben; aus demselben Grunde

3. Vergrößerung der Geschwindigkeit des Registrierstreifens auf 1 *cm* für die Stunde.

4. Das Anbringen von Stundenmarken auf diesem, um die aus der Dehnung des Papiers durch Feuchtigkeit oder durch unregelmäßigen Gang des Registrierwerks entstehenden Abweichungen eliminieren zu können.

Der Apparat wurde dementsprechend geändert und Fig. 2 zeigt die neue Anordnung.

Wie in Fig. 1 bezeichnet *M* das Manometer, *L* die Stahlflasche, *a*, *b*, *c* das Rohrsystem; die Vorrichtung *G* entspricht dem gleichbezeichneten Quecksilberkippgefäß

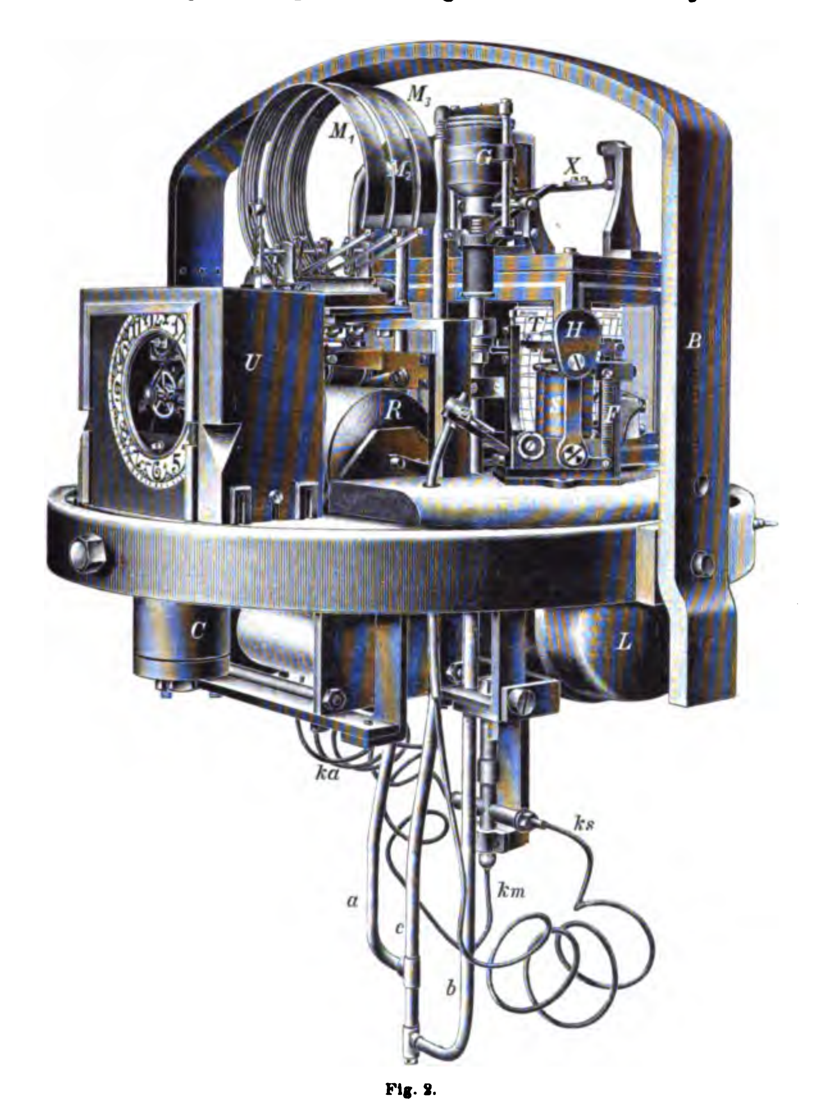


Fig. 2.

von Fig. 1. Die früher mit *V* bezeichnete Trockenvorrichtung, aus einer mit Schwefelsäure gefüllten Trockenflasche bestehend, ist durch die Uhr *U* verdeckt. *T* ist der Thermograph, *R* der elektrisch betriebene Registrierapparat, *S* eine Vorrichtung, welche der abgesperrten Luft einen Ausweg bieten soll, wenn der Pegel gelichtet wird. ***ka***, ***km***, ***ks*** sind Kupferröhrchen, welche die Stahlflasche mit dem Stahlrohre ***a***, dem Manometer *M* und der Vorrichtung *S* verbinden.

Sämtliche Apparate sind auf einer Plattform in kardanischem Gehänge montiert, dessen äußere Achsen in dem Bügel *B* gelagert sind.

Seine unteren Enden werden in zwei Ösen gesteckt, die an der Wandung des Innenraums des mit einer abnehmbaren Haube versehenen „Kessels" angebracht sind. Durch das Gegengewicht C wird die Belastung der Plattform so abgeglichen, daß eine nahezu horizontale Lage derselben erhalten bleibt, wenn auch der Kessel selbst, z. B. durch Unebenheiten des Bodens, eine von der Senkrechten um 20^0 verschiedene Lage annimmt.

An den einzelnen Apparaten wurden bei der hier zu beschreibenden Neukonstruktion gegen die erste Ausführung folgende Änderungen getroffen.

Manometer. Die verlangte Vergrößerung des Verhältnisses der Ordinate des Flutdiagramms zum Wasserhub durch Verlängerung des Schreibhebels allein zu erzielen, war nicht zulässig, weil darunter die Genauigkeit der Angaben gelitten haben würde. Die gebräuchliche einzelne Bourdon-Feder wurde daher durch drei parallel geschaltete ersetzt (M_1, M_2, M_3, Fig. 2 und 3) und so die Energie der Bewegung verdreifacht. Außerdem wurde an der Stelle des Registrierapparats, über welcher die Feder schreibt, eine Messingplatte (T in Fig. 3) angebracht, sodaß die Reibung der Schreibfeder einen gleichmäßigen Minimalwert erhielt.

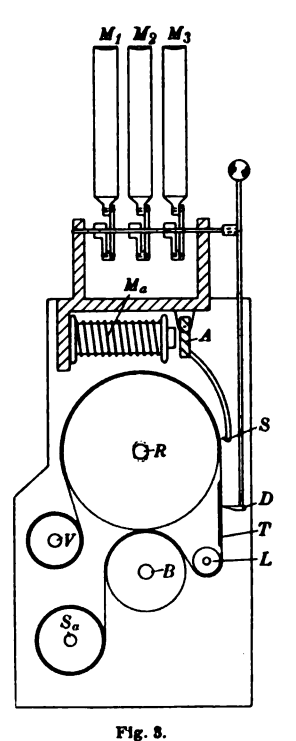


Fig. 3.

Der Schreibhebel D ist, wie aus Fig. 3 ersichtlich, senkrecht nach unten gestellt. Es hat dieses folgenden Grund: Zum Ziehen eines Kurvenstrichs von etwa 15 *m* Länge sind ungefähr 0,3 *g* Tinte erforderlich. Diese werden allmählich verbraucht. Die Nullstellung des Schreibhebels wird deswegen im Laufe eines 30-tägigen Versuchs sich ändern. Diese Änderung erhält einen (bemerkbaren) Maximalwert, wenn der Schreibhebel horizontal, und einen (zu vernachlässigenden) Minimalwert, wenn der Schreibhebel senkrecht gestellt wird.

Schließlich sei noch bemerkt, daß das genaue Einspielen der Feder durch den Schlag des zum Betrieb des Registrierwerks dienenden, auf einer Konsole aufgestellten Elektromagnets sehr befördert wird. Die Einrichtung hat recht zufriedenstellend gearbeitet.

Registrierapparat. Um zu verhindern, daß ein etwa eintretendes unregelmäßiges Arbeiten des Kontaktes das Gesamtresultat beeinflußt, ist ein Registrierbogen gewählt, welcher nur einmal beschrieben wird; er mußte deshalb eine Länge von etwa 7,5 *m* bei einer Breite von 15 *cm* erhalten. Durch den Bewegungsmechanismus mußte dieser Streifen erst abgerollt, dann straff über die Schreibtafel geführt und, weil es an Platz für das beschriebene Papier fehlte, zuletzt wieder aufgerollt werden. Es waren dies Forderungen, welche die Konstruktion erheblich erschwerten. Da der verfügbare Raum keine eingehende Beschreibung gestattet, so kann nur eine allgemeine Erläuterung der Einrichtung gegeben werden.

In Fig. 3 ist V die Vorrats-, R die Reibungs-, L die Leit-, B die Bewegungs-, S_a die Sammelwalze und T die Schreibplatte, welche um einige Zehntel Millimeter über die Tangente an RL vorsteht.

B und S_a haben zwangsläufige Bewegung. Sie erhalten diese durch einen Elektromagnet, an dessen Anker ein Sperrhaken befestigt ist, welcher bei jedem Anziehen ein Sperrad um einen Zahn dreht. Seine Drehung wird durch Räderwerke

so auf L und S_a übertragen, daß der Registrierstreifen sich bei jedem Stromschluß (einmal in der Minute) um $^1/_6$ *mm* vorwärts bewegt.

Das Lager von R ist ein Schlitz, dessen Achse mit der Verbindungslinie der Mittelpunkte von R und B einen Winkel bildet. R ruht auf B mit einer Kraft, die sich zusammensetzt aus dem Gewicht der Walze, dem Zug des Registrierstreifens und der Kraft zweier auf die Wellen wirkenden Plattenfedern. Die auf den Papierstreifen wirkende Reibung wird dadurch eine bedeutende, die Führung eine recht sichere.

Zum *Herstellen der Stundenmarken* ist unter dem Manometerträger ein Elektromagnet M_a angebracht, dessen Anker um zwei in der Richtung seiner Oberkante liegende Spitzen drehbar ist. Er wird in seiner Ruhelage durch eine Feder etwas von den Magnetkernen entfernt gehalten und beim Stromschluß scharf an diese herangezogen. An den Anker sind zwei bügelförmige Arme geschraubt (in Fig. 3 ist nur einer sichtbar), welche an ihren Enden Stahlschrauben mit feinen Spitzen S tragen. Diese schlagen beim Stromschluß jede Stunde nahe am Rand des Registrierstreifens zwei feine Löcher in das Papier, welche einmal zum Ziehen der Stundenbogen verwandt werden, dann aber auch die Lage von zwei Basislinien bestimmen, deren Entfernung voneinander erkennen läßt, ob das Papier durch Feuchtigkeit seine Breite verändert hat. Nach dem Vorgange des Hrn. Prof. Dr. Seibt wird der Registrierstreifen mit Rücksicht auf tunlichst genaue Resultate ohne Vordruck verwandt.

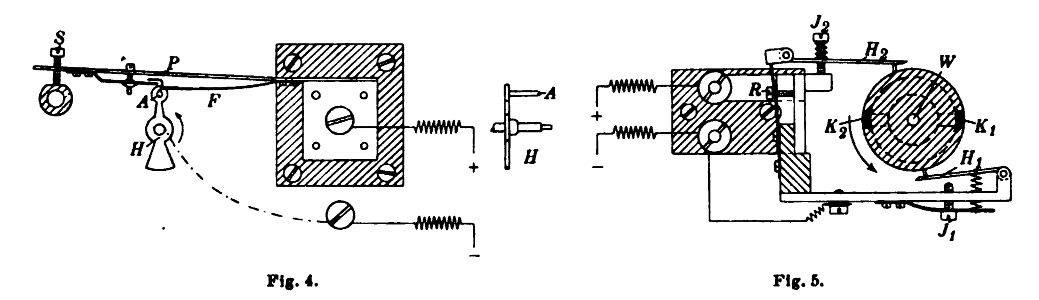


Fig. 4. Fig. 5.

Die Uhr. Die Herstellung einer 30 Tage gehenden Präzisionsuhr machte viel Schwierigkeit, doch gelang es der Firma Lindig in Glashütte, eine Uhr herzustellen, welche nach sorgfältiger Repassierung einen zufriedenstellenden Gang zeigt.

Die Uhr hat zwei Kontakte zu betätigen, einen Minutenkontakt im Stromkreise des zur Bewegung des Registrierwerks dienenden Elektromagnets und einen Stundenkontakt, welcher den zur Herstellung der Stundenmarken verwendeten Elektromagnet erregt.

Der *Minutenkontakt* ist das Ergebnis einer längeren Reihe von Versuchen. Anderen Konstruktionen gegenüber hat er die Vorteile, daß er sehr wenig Energie verbraucht und das Schleifen von Kontaktfedern auf nicht leitenden Substanzen vermeidet, wodurch nach meinen Erfahrungen leicht Ablagerungen von Staub und infolgedessen gelegentliche Doppelkontakte verursacht werden.

Die Achse des Sekundenzeigers H (Fig. 4) hat die Form einer einmal gekröpften Kurbel. Der Horizontalarm A berührt bei seinem Rundgange die schwache Feder F und schließt hierdurch in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise den Strom. Im Ruhezustande liegt das Ende der Feder F auf einem Ansatz der Tragefeder P. Diese ist an einem Ende mittels eines isolierten Stückes festgelagert. Das andere Ende kann durch die Regulierschraube S gehoben oder gesenkt werden, wodurch die Dauer des Kontakts verändert werden kann. Benutzt wird ein Kontakt von etwa 0,3 Sek. Dauer.

Zeit für die topographischen Aufnahmen und für die derselben vorauszuschickende trigonometrische Festlegung einzelner Punkte zur Verfügung steht, das Meßtischverfahren an erster Stelle Verwendung finden.

Aber es gibt viele Fälle, wo diese Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Meßtischverfahrens nicht oder nur zum Teil erfüllt ist, und wo man bisher schon vielfach zu anderen Methoden seine Zuflucht hat nehmen müssen. Solche Fälle liegen z. B. vor auf allen *Forschungsreisen zu Wasser und zu Lande*, ferner überall da, wo es sich um die *Vermessung unzugänglicher Stellen, wie Felswände, Schluchten und Gletscher im Hochgebirge*, um die Anfertigung topographischer *Städtepläne*, um die Vermessung von *Küstenlandschaften vom Schiff aus*, sowie um *rein militärische Aufgaben beim Festungskrieg*, bei Vermessungen der *Landesgrenzen*, mit und ohne Ballon, u. s. w. handelt. Hier ist das Feld, auf dem die stereo-photogrammetrische Methode vollauf Gelegenheit zur Betätigung finden wird, und wo sie von keiner anderen Methode überholt wird[1]).

Das stereo-photogrammetrische Verfahren und das Meßtischverfahren sind daher weit davon entfernt, einander feindlich gegenüberzustehen. Gerade so wie das stereophotogrammetrische Verfahren überall da mit Vorteil einsetzt, wo das Meßtischverfahren versagt, so wird man auch das letztere zur Vervollständigung stereo-photogrammetrischer Aufnahmen nicht entbehren können. Die beiden Methoden unterstützen sich daher gegenseitig und es bedarf kaum eines besonderen Hinweises, daß sie auf dem Meßtischblatt unbekümmert neben einander zur Anwendung gelangen können[2]). Übrigens hat in diesem Herbst Hr. Generalmajor Schulze durch Hrn. Seliger noch einen zweiten Versuch bei Fulda zur Ausführung bringen lassen, aus dem hervorgeht, daß auch die auf Grund stereo-photogrammetrischer Messungen bewirkte *Punktbestimmung* als vollkommen ausreichende Unterlage zur *Konstruktion eines Städteplanes* auf dem Meßtischblatt 1 : 25 000 dienen kann.

Was nun die Photogrammetrie in ihrer bisherigen Gestalt anbetrifft, so hat es nach dem Vorstehenden den Anschein, als ob für sie kaum noch ein genügender Spielraum für eine rationelle Betätigung vorhanden sei, denn in den Fällen, wo sie früher als eine willkommene Hülfe für topographische Arbeiten angesehen worden ist,

---

[1]) Für die angedeuteten militärischen Aufgaben bietet übrigens der stereoskopische Vergleich zweier Aufnahmen, die in bestimmten Intervallen entweder von der gleichen Stelle oder von den Endpunkten einer gegebenen Standlinie aus gemacht werden, ganz ohne Rücksicht auf Vermessungszwecke den *Vorteil, dafs jede in der Zwischenzeit vor sich gegangene Veränderung des Landschaftsbildes sofort und ohne langes Suchen als solche erkannt wird.* Für diese Art von Arbeiten erscheint die Benutzung von *Teleobjektiven* besonders vorteilhaft. Im Übrigen sei auf die in dem oben erwähnten Prospekt veröffentlichte Zusammenstellung der Aufgaben für den Stereo-Komparator hingewiesen.

[2]) Das stereoskopische Messungsverfahren hat sich auch noch in anderer Weise als nutzbringend für die Aufgaben des Meßtisches erwiesen. Ich habe nämlich Hrn. Seliger gebeten, das von mir speziell für topographische Arbeiten und andere Zwecke konstruierte kleinste Modell des *stereoskopischen Entfernungsmessers* — dasselbe hat eine vierfache Fernrohrvergrößerung, eine Basis von 32 *cm* und ist mit einer Tiefenskale von 20 bis 500 *m* ausgerüstet — einmal versuchsweise in Benutzung zu nehmen, und es hat sich hierbei nach mehrmonatlichem Gebrauch des Apparates ergeben, daß durch ihn die Meßtischarbeit (Krokieren und Topographieren) nicht nur wesentlich erleichtert, sondern auch verbessert wird, was ganz besonders in den Fällen zutrifft, wo die Aufstellung der Meßlatte nicht oder nur mit Schwierigkeiten durchführbar ist und wo ein Abschreiten der Strecke ausgeschlossen ist.

Über ein Verfahren, mit Hülfe des stereoskopischen Entfernungsmessers und eines eigens für diesen Zweck schon vor mehreren Jahren von mir konstruierten *Tachygraphen* von einem gegebenen Standpunkt aus einen Plan der Umgebung mit Höhenkurven zu konstruieren, und über einen nach diesem Verfahren im letzten Sommer von mir ausgeführten praktischen Versuch werde ich an anderer Stelle näher berichten.

erscheint sie mehr oder weniger durch das stereo-photogrammetrische Verfahren verdrängt. Auf die Nachteile des Verfahrens im Vergleich zur Stereo-Photogrammetrie brauche ich hier nicht näher einzugehen; es sind dieselben durch einen der ersten Kenner und Förderer dieser Methode, den Hrn. Oberst von Hübl[1]) vom Militärgeographischen Institut in Wien, in so eingehender Weise dargelegt worden, daß jedes Wort meinerseits in der Hinsicht überflüssig ist. Inzwischen hat Hr. Oberst von Hübl mit dem ihm in diesem Sommer gelieferten Stereo-Komparator (großes Modell) selbst eine Reihe von Versuchen zur praktischen Erprobung der stereo-photogrammetrischen Methode angestellt, deren Ergebnis, nach den mir freundlichst gemachten Mitteilungen, Hrn. von Hübl dazu geführt hat, von jetzt an ganz auf die bisherige Photogrammetrie zu verzichten und sich an deren Stelle in Zukunft nur noch der Stereo-Photogrammetrie zu bedienen.

Selbstverständlich kann von einem Ersatz der bisherigen Photogrammetrie durch die Stereo-Photogrammetrie nur da die Rede sein, wo die Erfüllung unserer Bedingung, *daſs die Platten bei der Aufnahme in einer Ebene liegen müssen*, möglich ist. Die Stereo-Photogrammetrie darf von dieser Bedingung nicht abgehen, da, wie ich bereits an früherer Stelle ausführlich dargetan habe, nur so eine rationelle Aufteilung des Objektraumes durch ebene, parallel zur Plattenebene gelegene Flächen gleicher scheinbarer Entfernung stattfindet. Aber die Bedingung bedeutet für die Aufgaben der Photogrammetrie keine allzu schwer wiegende Einschränkung; denn die Lage der Platten innerhalb der Ebene und die Lage der Ebene selbst zur Horizontalen bleiben bei Anwendung der Stereo-Photogrammetrie ohne jeden Zwang. Natürlich liegen die Verhältnisse für die Aufnahme und für die Konstruktion des Planes in dem Falle, wo die Plattenebene in genau vertikaler Lage, wie in dem obigen Beispiel, sich befindet, und in dem Falle, wo die Aufnahmen mit genau vertikal nach unten gerichteten Achsen vom Luftballon aus erfolgen, besonders einfach. Aber die Stereo-Aufnahmen können auch mit *beliebig geneigter* Plattenebene bewerkstelligt werden, sei es, daß man mit schräg aufwärts gerichteten Achsen vom Tal aus die höher gelegenen Teile eines Gebirges oder vom Luftballon aus mit schräg abwärts gerichteten Achsen die entfernteren Teile der Erdoberfläche aufnimmt, sofern nur für die Stellung der beiden Platten zueinander unsere Bedingung erfüllt ist, und die Möglichkeit vorliegt, den Neigungswinkel der Plattenebene zur Horizontalen im Augenblicke der Aufnahme zu bestimmen. Für die Bestimmung des Neigungswinkels bieten sich mancherlei Wege, auf die ich hier nicht näher eingehen will. Das, was ich hier nur betonen möchte, ist der Umstand, daß die Ausmessung solcher Stereo-Aufnahmen mit dem Stereo-Komparator — dasselbe gilt auch für alle Stereo-Aufnahmen, welche vom Schiff aus gemacht werden, insofern hier die horizontale Lage der optischen Achse infolge der Schiffsschwankungen nur in den seltensten Fällen zu erreichen sein wird — *keinerlei Schwierigkeiten bereitet*, und daß die Herstellung des Planes genau in der gleichen einfachen Weise ohne irgendwelche Rechnung, *allein auf graphischem Wege*, wie in unserem vorliegenden Plane bewerkstelligt werden kann, sodaß nach dieser Richtung auch nicht die geringsten Bedenken gegen die Benutzbarkeit solcher Aufnahmen bestehen.

Anders liegen natürlich die Verhältnisse, sobald es sich um die Verwertung von Aufnahmen handelt, bei denen die Platten *nicht in einer Ebene* gelegen sind, wie

[1]) A. von Hübl, Die Stereo-Photogrammetrie. *Mitteilgn. d. k. u. k. Militärgeograph. Instituts. Wien* **22.** *1903* (*16 S.*).

dies z. B. fast immer zutrifft, wenn die beiden Aufnahmen nacheinander mit demselben Apparat von einem Luftballon oder von einem Schiff aus bewerkstelligt werden. Daß man aus zwei solchen Ballonaufnahmen unter Benutzung von Lotleinen, die sich auf der Photographie mit abbilden, ohne Kenntnis des Ortes der beiden Aufnahmepunkte einen topographischen Plan der aufgenommenen Landschaft bis auf den Maßstab und die äußere Orientierung herstellen kann, hat vor kurzem Hr. Prof. Finsterwalder[1]) zu zeigen vermocht[2]).

Für solche Aufnahmen ist natürlich die Stereo-Photogrammetrie zunächst nicht verwendbar. Ich sage zunächst, weil die *Möglichkeit der Verwendbarkeit* nach einem Vorschlage, den mir vor kurzem Hr. H. G. Fourcade aus Kapstadt bei Gelegenheit eines Besuches in Jena gemacht hat[3]), nicht ausgeschlossen erscheint. Der Vorschlag besteht darin, daß man durch Umphotographieren des Negativs mit Hülfe einer zweiten, der Aufnahmekamera gegenüber gestellten Kamera die von einem Punkte aus erfolgte Aufnahme in eine solche mit anders gerichteter Achse umwandelt und hierbei die Möglichkeit hat, der Anforderung unserer Methode, daß die Platten in einer Ebene liegen müssen, durch Einstellung der zweiten Kamera Rechnung zu tragen, ein Verfahren, bei dem die Natur gewissermaßen durch die in die Aufnahmekamera gesetzte Negativ-Platte ersetzt wird. Ob das Verfahren praktisch brauchbare Resultate liefern wird, bleibt natürlich abzuwarten. Immerhin aber sieht man hieraus, daß selbst in dem vorliegenden, jedenfalls sehr verwickelten Falle unüberwindliche Schwierigkeiten der Anwendbarkeit der stereo-photogrammetrischen Methode nicht im Wege stehen.

Jena, im Oktober 1903.

Der Hochseepegel.

Von
Adolf Mensing in Berlin.

Zur Bestimmung des Flutwechsels auf offener See und an Orten, an denen feste Pegelmarken nicht angebracht werden können, war man bis jetzt darauf angewiesen, die Wassertiefen bei verschiedenen Gezeitenphasen mittels eines Lots zu bestimmen und den Flutwechsel aus den Differenzen zu berechnen. Diese Methode ist einmal ungenau; außerdem erfordert sie die ständige Anwesenheit eines Fahrzeugs am Stationsorte. Dadurch wird sie so kostspielig, daß man z. B. in der Nordsee nördlich vom 54. Breitengrade, außer auf dem Feuerschiffe Horns Reev, nur an etwa sieben Punkten derartige Beobachtungen gemacht hat, von denen nur zwei länger als 36 Stunden fortgesetzt wurden.

Der nachstehend beschriebene auf dem *Prinzip des Differenzial-Manometers* beruhende Apparat soll diesen Mängeln abhelfen und die Möglichkeit gewähren, den

[1]) S. Finsterwalder, Neue Methode zur topographischen Vermessung von Ballonaufnahmen. *Sitzungsber. d. Münch. Akad. 1903.*

[2]) Vgl. auch Laussedat, *Sur un moyen rapide d'obtenir le plan d'un terrain en pays de plaines, d'après une vue photographique prise en ballon. Compt. rend.* ***137.*** *S. 24. 1903.*

[3]) Nach den mir gemachten Mitteilungen und nach einer in *Nature* ***66.*** *S. 139. 1902* erfolgten Veröffentlichung hat Hr. Fourcade seit mehreren Jahren sich ebenfalls mit der Lösung unserer Aufgabe, das Stereoskop für die Zwecke der Topographie dienstbar zu machen, beschäftigt und am 2. Oktober 1901, also nur wenige Tage nach meinem Hamburger Vortrag am 23. September 1901, der *South African Philosophical Society* in Kapstadt den Plan zu einer stereoskopischen Meßmaschine vorgelegt, die in vielen Punkten mit dem von mir konstruierten Stereo-Komparator übereinstimmt.

Flutwechsel an ziemlich beliebigen Orten mit Tiefen bis vorläufig 200 *m* durch eine auf dem Meeresgrund aufgestellte, selbsttätig arbeitende und fortgesetzt registrierende Vorrichtung während einer Periode von 30 Tagen in verläßlicher Weise festzustellen.

Das Prinzip des Apparates ist aus der schematischen Fig. 1 ersichtlich.

K ist eine stählerne Umhüllung, der „Kessel", in welchem der Apparat auf dem Meeresboden aufgestellt ist. Der Kessel hat unten einen doppelten Boden. In den dadurch gebildeten Zwischenraum *B* mündet ein Rohr, durch welches beim Arbeiten des Pegels das Seewasser Zutritt hat, das aber bei dem Auslegen oben durch eine Abschlußvorrichtung *H* geschlossen werden kann. Durch die Öffnung *O* kommuniziert der Raum *B* mit dem Innenraum. *M* ist das Manometer, z. B. ein solches mit Bourdonscher Feder; es steht mit der Stahlflasche *L* in Verbindung, in welche die heberförmig gebogene Röhre *a c* mündet. An das Ende des Heberrohrs *c* ist eine mit einer hygroskopischen Substanz gefüllte Vorlage *V* angeschlossen. Die durch *V* nach *L* gelangende Luft wird so von der ihr anhaftenden Feuchtigkeit befreit.

Von der tiefsten Stelle des Rohres *a c* zweigt ein zweites Rohr *b* ab, das am oberen Ende einen Trichter trägt. Damit durch dieses Rohr ungetrocknete Luft nicht nach *L* gelangen kann, gießt man vor dem Auslegen des Pegels soviel Quecksilber ein, daß der unterste Teil des Rohres *b* gefüllt ist, ohne die Verbindung von *c* nach *a* zu versperren. Über dem Trichter ist ein Kippgefäß *G* um eine Achse drehbar angebracht, welches mit Quecksilber gefüllt ist. Dies kann durch ein Uhrwerk zu einer bestimmten Zeit umgelegt werden und ergießt dann seinen Inhalt in das Rohr *b*. Das Quecksilber steigt blasenlos von *b* aus in *a c* auf. Der so hergestellte Abschluß ist in den durch die Höhe der Röhren gegebenen Grenzen absolut hermetisch.

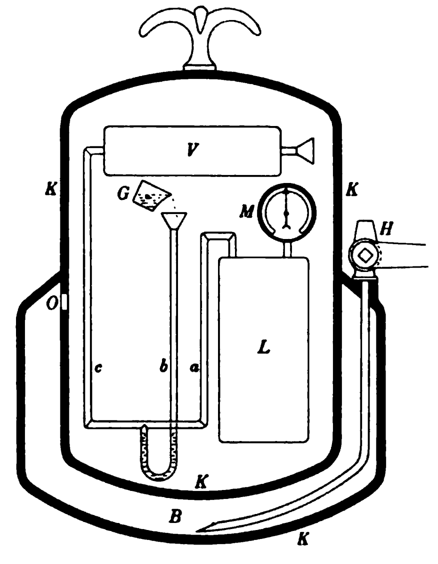


Fig. 1.

Der Pegel stellt also nunmehr ein *Differenzial-Luftmanometer* dar, das einerseits aus der in *L* abgeschlossenen Luftmenge, andererseits aus dem Innern von *K* besteht, dessen Luftinhalt durch die über dem Pegel stehende Wassersäule komprimiert wird. Ändert sich die Höhe dieser Säule und infolge Eintretens oder Austretens von Meerwasser der Luftdruck im Kessel *K*, so wird auch die Luft in *L* entsprechend komprimiert oder dilatiert. Diese Änderungen zeigt das Manometer *M* an, sodaß auf diese Weise die Gezeiten durch den verschiedenen hydrostatischen Druck, den die korrespondierenden Wassersäulen auf dem Meeresboden ausüben, registriert werden können.

Wird ein Apparat beispielsweise in 100 *m* Tiefe ausgelegt, so beträgt der hydrostatische Druck an dieser Stelle etwa 10 *kg* pro *qcm*, und es wird also Luft von atmosphärischer Spannung auf etwa $^1/_{10}$ ihres ursprünglichen Volumens zusammengedrückt. Sind die Größenverhältnisse des Kessels *K* zum Doppelboden *B* etwa die sich aus Fig. 1 ergebenden, so würde, wenn man den Kessel ohne Vorsichtsmaßregeln versenkte, das Seewasser durch *O* in den Innenraum gelangen, das Funktionieren des Apparats beeinträchtigen und die Instrumente verderben. Um dies zu verhindern,

füllt man *K* vor dem Versenken mit Luft, deren Spannung etwas geringer wie der hydrostatische Druck am Stationsorte ist. Dann verschließt man den Hahn *H* und öffnet ihn erst nach dem Versenken.

Bei dem ausgeführten Apparate geschieht dies selbsttätig durch ein an Stelle von *H* angebrachtes Ventil, welches nach dem Wegschmelzen von zwei Zylindern aus Natriumazetat durch eine freiwerdende Feder geöffnet wird. Ist dies geschehen, so vollzieht sich der Ausgleich zwischen der Spannung der Luft im Innern des Pegels und dem äußeren Wasserdruck. Beide sind ins Gleichgewicht gekommen, wenn die innere Spannung dem Druck einer Seewassersäule entspricht, deren Höhe gleich ist dem Abstande: Meeresniveau — Niveau im Doppelboden *B*. Dieser Raum hat übrigens genügende Größe, um bei den zu erwartenden größten Schwankungen ein Einströmen des Wassers durch *O* in das Innere des Pegels auszuschließen.

Den Zeitpunkt für das Umkippen des Gefäßes *G* wählt man so, daß einmal sämtliche Apparatteile die Temperatur des umgebenden Meereswassers angenommen haben und außerdem ungefähr Mittelwasser eingetreten ist. Je nach dem Steigen oder Fallen des Meeresspiegels wird nun das Quecksilber in *a* steigen oder fallen, während in *b* und *c* das Umgekehrte stattfindet.

Da die Luft, welche in die Stahlflasche gelangt, in nahezu absolut trocknem Zustande sich befindet, alle Verbindungen vollständig dicht sind und die Wandungen der Röhren und der Stahlflasche genügende Stärke haben, so kann das *Volumen* der abgesperrten Luft sich nur durch die Niveauschwankungen in dem Rohrsystem ändern, da bei den geringen Temperaturschwankungen die thermische Ausdehnung der Stahlflasche vernachlässigt werden darf. Die *Spannung* der abgesperrten Luft aber wird bei Temperaturschwankungen eine Veränderung erleiden; da diese durch einen vorhandenen Thermographen ermittelt werden, so läßt sich die Korrektion nach dem Druckgesetz der Gase berechnen und an dem erhaltenen Diagramm anbringen. Hiervon abgesehen, bleibt die Spannung der abgesperrten Luft dauernd unverändert.

Der auf das Manometer wirkende äußere Druck aber ändert sich mit dem Steigen und Fallen des Meeresniveaus. Infolgedessen wird der Schreibhebel des Manometers nach der einen oder anderen Seite bewegt. Die Wellenbewegungen haben hierauf keinen Einfluß, weil das Lumen des Ventils *H* ein geringes ist und Schwankungen des hydrostatischen Drucks von ganz kurzer Dauer nur in unmerklichem Grade die Spannung im Innern beeinflussen können.

Denkt man sich den Zeiger des Manometers mit einer Schreibfeder versehen, welche auf einen um eine Trommel gelegten Registrierstreifen schreibt, die durch ein Uhrwerk gedreht wird, so erhält man ungefähr das Bild des ersten ausgeführten Apparats, welcher im Jahre 1897 von einer durch das Reichs-Marine-Amt eingesetzten Kommission in der Jade einigen Versuchen unterzogen wurde.

Die Kommission erkannte das zu Grunde liegende Prinzip als richtig an, verlangte aber die Vornahme folgender Änderungen:

1. Verlängerung der Gangdauer der Uhr und dadurch der des Registrierwerks auf 30 Tage, um mit einem Versuche alle wünschenswerten Daten zu erhalten.

2. Vergrößerung des Verhältnisses der Ordinate der Flutkurve zur Höhenänderung des Meeresniveaus auf 1 : 100, um den Ablesungen die notwendige Genauigkeit zu geben; aus demselben Grunde

3. Vergrößerung der Geschwindigkeit des Registrierstreifens auf 1 *cm* für die Stunde.

4. Das Anbringen von Stundenmarken auf diesem, um die aus der Dehnung des Papiers durch Feuchtigkeit oder durch unregelmäßigen Gang des Registrierwerks entstehenden Abweichungen eliminieren zu können.

Der Apparat wurde dementsprechend geändert und Fig. 2 zeigt die neue Anordnung.

Wie in Fig. 1 bezeichnet *M* das Manometer, *L* die Stahlflasche, *a*, *b*, *c* das Rohrsystem; die Vorrichtung *G* entspricht dem gleichbezeichneten Quecksilberkippgefäß

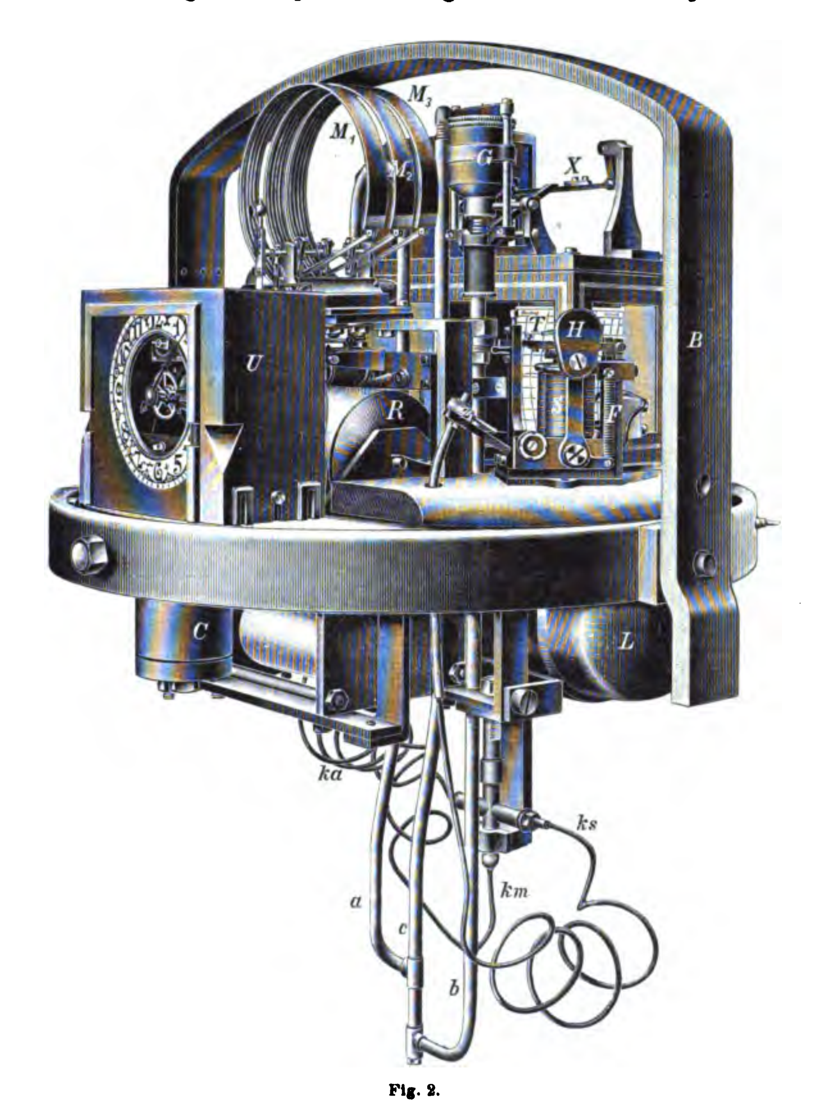


Fig. 2.

von Fig. 1. Die früher mit *V* bezeichnete Trockenvorrichtung, aus einer mit Schwefelsäure gefüllten Trockenflasche bestehend, ist durch die Uhr *U* verdeckt. *T* ist der Thermograph, *R* der elektrisch betriebene Registrierapparat, *S* eine Vorrichtung, welche der abgesperrten Luft einen Ausweg bieten soll, wenn der Pegel gelichtet wird. *ka*, *km*, *ks* sind Kupferröhrchen, welche die Stahlflasche mit dem Stahlrohre *a*, dem Manometer *M* und der Vorrichtung *S* verbinden.

Sämtliche Apparate sind auf einer Plattform in kardanischem Gehänge montiert, dessen äußere Achsen in dem Bügel *B* gelagert sind.

Seine unteren Enden werden in zwei Ösen gesteckt, die an der Wandung des Innenraums des mit einer abnehmbaren Haube versehenen „Kessels“ angebracht sind. Durch das Gegengewicht C wird die Belastung der Plattform so abgeglichen, daß eine nahezu horizontale Lage derselben erhalten bleibt, wenn auch der Kessel selbst, z. B. durch Unebenheiten des Bodens, eine von der Senkrechten um 20° verschiedene Lage annimmt.

An den einzelnen Apparaten wurden bei der hier zu beschreibenden Neukonstruktion gegen die erste Ausführung folgende Änderungen getroffen.

Manometer. Die verlangte Vergrößerung des Verhältnisses der Ordinate des Flutdiagramms zum Wasserhub durch Verlängerung des Schreibhebels allein zu erzielen, war nicht zulässig, weil darunter die Genauigkeit der Angaben gelitten haben würde. Die gebräuchliche einzelne Bourdon-Feder wurde daher durch drei parallel geschaltete ersetzt (M_1, M_2, M_3, Fig. 2 und 3) und so die Energie der Bewegung verdreifacht. Außerdem wurde an der Stelle des Registrierapparats, über welcher die Feder schreibt, eine Messingplatte (T in Fig. 3) angebracht, sodaß die Reibung der Schreibfeder einen gleichmäßigen Minimalwert erhielt.

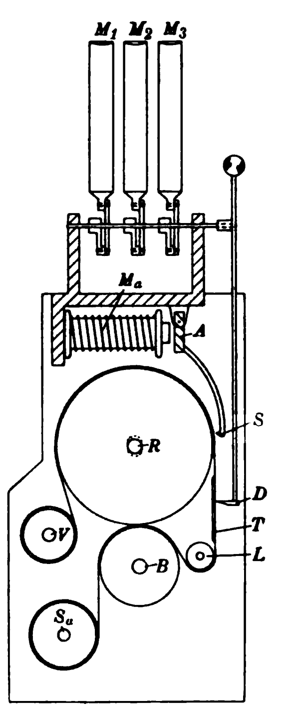


Fig. 3.

Der Schreibhebel D ist, wie aus Fig. 3 ersichtlich, senkrecht nach unten gestellt. Es hat dieses folgenden Grund: Zum Ziehen eines Kurvenstrichs von etwa 15 *m* Länge sind ungefähr 0,3 *g* Tinte erforderlich. Diese werden allmählich verbraucht. Die Nullstellung des Schreibhebels wird deswegen im Laufe eines 30-tägigen Versuchs sich ändern. Diese Änderung erhält einen (bemerkbaren) Maximalwert, wenn der Schreibhebel horizontal, und einen (zu vernachlässigenden) Minimalwert, wenn der Schreibhebel senkrecht gestellt wird.

Schließlich sei noch bemerkt, daß das genaue Einspielen der Feder durch den Schlag des zum Betrieb des Registrierwerks dienenden, auf einer Konsole aufgestellten Elektromagnets sehr befördert wird. Die Einrichtung hat recht zufriedenstellend gearbeitet.

Registrierapparat. Um zu verhindern, daß ein etwa eintretendes unregelmäßiges Arbeiten des Kontaktes das Gesamtresultat beeinflußt, ist ein Registrierbogen gewählt, welcher nur einmal beschrieben wird; er mußte deshalb eine Länge von etwa 7,5 *m* bei einer Breite von 15 *cm* erhalten. Durch den Bewegungsmechanismus mußte dieser Streifen erst abgerollt, dann straff über die Schreibtafel geführt und, weil es an Platz für das beschriebene Papier fehlte, zuletzt wieder aufgerollt werden. Es waren dies Forderungen, welche die Konstruktion erheblich erschwerten. Da der verfügbare Raum keine eingehende Beschreibung gestattet, so kann nur eine allgemeine Erläuterung der Einrichtung gegeben werden.

In Fig. 3 ist V die Vorrats-, R die Reibungs-, L die Leit-, B die Bewegungs-, S_a die Sammelwalze und T die Schreibplatte, welche um einige Zehntel Millimeter über die Tangente an RL vorsteht.

B und S_a haben zwangsläufige Bewegung. Sie erhalten diese durch einen Elektromagnet, an dessen Anker ein Sperrhaken befestigt ist, welcher bei jedem Anziehen ein Sperrad um einen Zahn dreht. Seine Drehung wird durch Räderwerke

so auf L und S_a übertragen, daß der Registrierstreifen sich bei jedem Stromschluß (einmal in der Minute) um $^1/_6$ *mm* vorwärts bewegt.

Das Lager von R ist ein Schlitz, dessen Achse mit der Verbindungslinie der Mittelpunkte von R und B einen Winkel bildet. R ruht auf B mit einer Kraft, die sich zusammensetzt aus dem Gewicht der Walze, dem Zug des Registrierstreifens und der Kraft zweier auf die Wellen wirkenden Plattenfedern. Die auf den Papierstreifen wirkende Reibung wird dadurch eine bedeutende, die Führung eine recht sichere.

Zum *Herstellen der Stundenmarken* ist unter dem Manometerträger ein Elektromagnet M_a angebracht, dessen Anker um zwei in der Richtung seiner Oberkante liegende Spitzen drehbar ist. Er wird in seiner Ruhelage durch eine Feder etwas von den Magnetkernen entfernt gehalten und beim Stromschluß scharf an diese herangezogen. An den Anker sind zwei bügelförmige Arme geschraubt (in Fig. 3 ist nur einer sichtbar), welche an ihren Enden Stahlschrauben mit feinen Spitzen S tragen. Diese schlagen beim Stromschluß jede Stunde nahe am Rand des Registrierstreifens zwei feine Löcher in das Papier, welche einmal zum Ziehen der Stundenbogen verwandt werden, dann aber auch die Lage von zwei Basislinien bestimmen, deren Entfernung voneinander erkennen läßt, ob das Papier durch Feuchtigkeit seine Breite verändert hat. Nach dem Vorgange des Hrn. Prof. Dr. Seibt wird der Registrierstreifen mit Rücksicht auf tunlichst genaue Resultate ohne Vordruck verwandt.

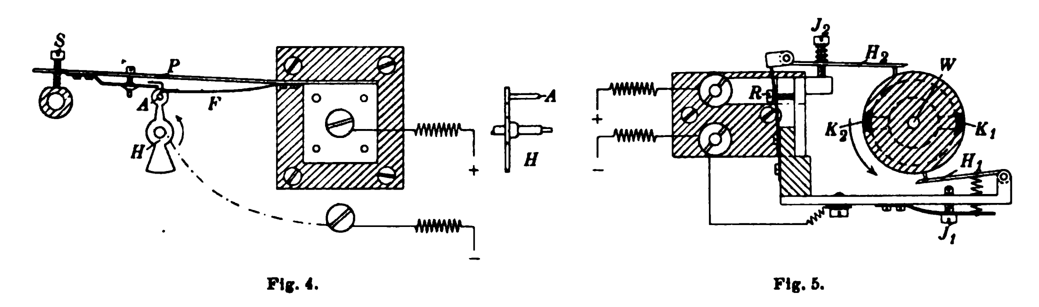


Fig. 4. Fig. 5.

Die Uhr. Die Herstellung einer 30 Tage gehenden Präzisionsuhr machte viel Schwierigkeit, doch gelang es der Firma Lindig in Glashütte, eine Uhr herzustellen, welche nach sorgfältiger Repassierung einen zufriedenstellenden Gang zeigt.

Die Uhr hat zwei Kontakte zu betätigen, einen Minutenkontakt im Stromkreise des zur Bewegung des Registrierwerks dienenden Elektromagnets und einen Stundenkontakt, welcher den zur Herstellung der Stundenmarken verwendeten Elektromagnet erregt.

Der *Minutenkontakt* ist das Ergebnis einer längeren Reihe von Versuchen. Anderen Konstruktionen gegenüber hat er die Vorteile, daß er sehr wenig Energie verbraucht und das Schleifen von Kontaktfedern auf nicht leitenden Substanzen vermeidet, wodurch nach meinen Erfahrungen leicht Ablagerungen von Staub und infolgedessen gelegentliche Doppelkontakte verursacht werden.

Die Achse des Sekundenzeigers H (Fig. 4) hat die Form einer einmal gekröpften Kurbel. Der Horizontalarm A berührt bei seinem Rundgange die schwache Feder F und schließt hierdurch in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise den Strom. Im Ruhezustande liegt das Ende der Feder F auf einem Ansatz der Tragefeder P. Diese ist an einem Ende mittels eines isolierten Stückes festgelagert. Das andere Ende kann durch die Regulierschraube S gehoben oder gesenkt werden, wodurch die Dauer des Kontakts verändert werden kann. Benutzt wird ein Kontakt von etwa 0,3 Sek. Dauer.

Der Unterbrechungsfunke ist dadurch unschädlich gemacht, daß parallel dem Stromkreise des Elektromagnets, welcher den Registrierapparat bewegt, ein unifilar gewickelter Widerstand von etwa zehnfacher Größe geschaltet wurde. Die beim Öffnen des Stromkreises in diesem entstehenden Induktionsströme verhindern die Funkenbildung in einer in der Praxis genügenden Weise.

Der *Stundenkontakt* (Fig. 5) besteht aus einer auf die Achse des Minutenzeigers W gesteckten Scheibe aus Elfenbein. In diese ist ein von einem Rande zum anderen reichendes schmales Stück Platin eingelassen, dessen Enden $K_1 K_2$ rechtwinklig umgebogen und sorgfältig abgedreht sind.

Die Kontaktfedern $H_1 H_2$, deren Druck durch die Schrauben $J_1 J_2$ verändert werden kann, sind durch die Regulierschraube R so gestellt, daß während einer Stunde nur einmal auf kurze Zeit ein Kontakt stattfindet. Die Kontaktdauer beträgt etwa 5 Sek. Die Ablagerung von Staubteilchen hat sich bei dieser Kontaktdauer nicht nachteilig bemerkbar gemacht.

An sonstigen Apparaten ist zunächst noch ein *Thermograph* (T in Fig. 2) zu erwähnen, dessen Trommel sich in 30 Tagen einmal um ihre Achse dreht und außerdem eine ebenfalls in Fig. 2 sichtbare *Vorrichtung*, welche den Zweck hat, den *hermetischen Verschluß* der Stahlflasche zu öffnen, wenn der Apparat gelichtet wird. Hierdurch soll verhindert werden, daß das in dem Röhrensystem enthaltene Quecksilber durch übermäßig werdenden Innendruck aus den Röhren geschleudert wird oder daß das Manometer durch übermäßigen Innendruck leidet, wenn der hydrostatische Druck wesentlich verringert wird. Zu diesem Zwecke ist eine von der Stahlflasche ausgehende Röhre (*ks* in Fig. 2) an ihrem freien Ende durch ein aufgelötetes Kupferhütchen z geschlossen. Das Öffnen besorgt ein scharfer Stahlstift, welcher in das dickköpfige Ende des Winkelhebels H geschraubt ist. Eine starke Spiralfeder F gibt dem Hebel die nötige Kraft, um mittels des Stifts das Kupferhütchen zu durchschlagen. Der Hebel wird freigelassen, wenn der in der Figur sichtbare Anker von dem Elektromagnet S nach unten gezogen wird. Sein Stromkreis wird dadurch geschlossen, daß in dem Augenblicke, in welchem der Innendruck eine bestimmte Grenze überschreitet, ein Daumen an der Manometerwelle sich gegen eine Platinfeder legt.

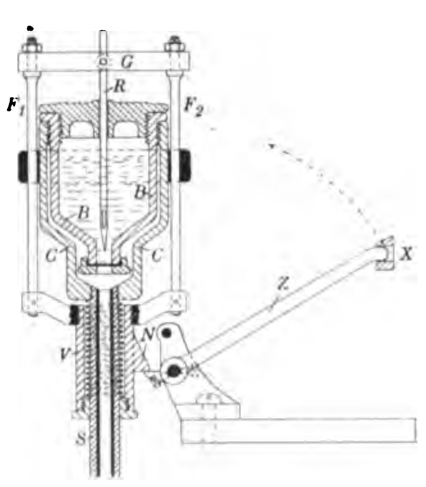


Fig. 6.

Läßt man Quecksilber frei in ein Gefäß einlaufen, so erfolgt fast immer ein Verspritzen desselben, welches die Instrumente leicht beschädigen kann. Das Kippgefäß des ersten Apparats (G in Fig. 1) wurde deshalb durch die Vorrichtung G der Fig. 2 ersetzt, die in Fig. 6 näher erläutert wird. S ist das obere Ende des Rohres b. Auf dieses wird ein Eisentrichter C geschraubt, welcher ein inneres Gewinde für einen zweiten Trichter B besitzt. Dieser ist unten durch ein Kartonblatt geschlossen, das durch eine durchbohrte Überfangmutter fest gegen den Trichtermund gepreßt wird. In diesen Trichter wird soviel Quecksilber geschüttet, daß es die Röhren $a\,b\,c$ genau bis zur halben Höhe füllt. Das Auslaufen des Quecksilbers wird durch ein feines Stahlröhrchen R vermittelt, welches unten zugespitzt ist und an der Seite eine angeschliffene Öffnung hat, durch die das Quecksilber ausläuft. Das Röhrchen R wird

durch einen Rahmen $G F_1 F_2 V$ geführt, der durch eine starke Spiralfeder nach unten gezogen wird. An V ist die Nase N angebracht, welche durch den kurzen Arm des Hebels Z in ihrer Lage gehalten wird. Das Ende des anderen Hebelarms wird durch ein senkrecht zur Ebene der Fig. 6 stehendes Stück X (siehe auch Fig. 2) gehalten. Durch ein wie ein Wecker einzustellendes Uhrwerk wird X zur vorher bestimmten Zeit seitlich bewegt, bis ein Schlitz das Hebelende nach oben hin freigibt. Die Nase N drückt dann das andere Ende herunter; der Rahmen nimmt das Röhrchen R mit, durchbohrt den Kartonboden und nun fließt das Quecksilber, ohne zu spritzen, in feinem Strahle vollständig aus.

Die beschriebenen Apparate sind, wie erwähnt, mit Ausnahme des selbsttätigen Ventils, im Innenraum des Kessels auf einer kardanisch aufgehängten Plattform aufgestellt. Auf dem Boden unter ihnen stehen die erforderliche Akkumulatorenbatterie, die dazu gehörigen Schaltvorrichtungen und Flaschen mit Substanzen zum Trocknen der durch O eintretenden Luft.

Der Kessel hat eine abnehmbare Haube mit luft- und wasserdichter Flanschenverbindung. In seiner aufrechten Lage wird der Kessel durch drei Beine mit schweren Schuhen gehalten, die beim Auslegen auf drei in Dreiecksform gelegte Bretter gestellt und mit diesen verbunden werden. Die Bretter verhindern ein wesentliches Einsinken in den Sand. Ihre nur wenig feste Verbindung mit den Schuhen ermöglicht ein leichtes Aufnehmen des Apparats, wenn erforderlich, unter Zurücklassen der Bretter. Der freie Raum unter dem Kessel gestattet dem Strom unter ihm entlang zu streichen und verhindert so die Gefahr des Versandens beträchtlich.

Soll der Pegel ausgelegt werden, so wird der Apparat zunächst zusammengesetzt und durch einen Versuch festgestellt, daß alle Röhren und Röhrenverbindungen luftdicht sind, dann wird er ganz fertig gemacht, in den Kessel eingesetzt und letzterer durch Aufsetzen der Haube geschlossen und aufgepumpt. Auf der Station angekommen, wird zunächst das zum Bezeichnen seiner Lage notwendige Seezeichen mit Kette und Ankerblock ausgelegt. Mit letzterem ist der Pegel durch die „Grundkette“ verbunden, welche an einen am Kessel drehbar befestigten Bügel geschäkelt wird.

Man hakt nun die Heißkette einer Winde an einen Haken an der Haube, hebt den Kessel an, setzt ihn über Bord und senkt ihn auf den Grund. Dann „schlippt“ man die Kette (löst den Haken der Kette) und überläßt den Apparat seinem Schicksal. Beim Aufnehmen fängt man mit dem Einnehmen des Seezeichens an, lichtet dann den Ankerblock, zieht die Grundkette ein und lichtet mit ihr den Pegel. Schwierigkeiten beim Auslegen und Einnehmen des Pegels sind bei sieben Versuchen nicht bemerkt worden.

Was die Bearbeitung des Flutdiagramms anlangt, so ist es naheliegend, daß in Fällen, wo es sich um tunlichst genaue Angaben handelt, an den abgelesenen Werten Korrektionen anzubringen sind.

Diese zerfallen zunächst in solche, welche eine Funktion der Ordinate sind.

1. Durch das Schwanken des Quecksilbers im Röhrensystem $a\,b\,c$ wird eine geringe Veränderung des Volums der eingeschlossenen Luft und somit deren Spannung bewirkt, welche nicht bedeutend, aber immerhin zu berücksichtigen ist.

2. Beim Steigen und Fallen des Meeresniveaus schwankt auch das Niveau des Wassers im Doppelbodenraum in gleichem Sinne, wenn auch wesentlich verringertem Maße. Die Größe dieser Schwankung wird durch entsprechende Bemessung der Größe und die Gestaltung des Innen- und des Doppelbodenraums in mäßigen Grenzen gehalten. Der Wert der Korrektion ist besonders in geringen Tiefen nicht unwesentlich.

Ferner sind folgende *Korrektionen* zu beachten, welche *unabhängig von der Gröſse der Ordinate der Flutkurve* sind.

3. Durch die thermische Ausdehnung der in der Stahlflasche abgeschlossenen Luft wird deren Spannung verändert. Der Wert der Korrektion wird nach dem Druckgesetz der Gase ermittelt, wobei die Angaben für die Temperatur der Kurve des Thermographen entnommen werden.

Die Aufzeichnungen dieses Instruments sind außerdem zur Feststellung der Temperatur des Seewassers nahe dem Meeresboden verwendbar. Man nahm bis jetzt an, daß diese für kurze Zeiträume nahezu konstant sei. Es ist jedoch durch die Pegelversuche festgestellt, daß in Küstengewässern Schwankungen von 1,8° C. vorkommen, deren Vorzeichen mit den Tiden wechselt.

4. Auch die Änderungen des Barometerstandes sind zu berücksichtigen. Ist z diese Änderung, so ist der Wert der Korrektion $k = z \cdot s_q / s_w$, worin s_q die Dichte des Quecksilbers, s_w die des Seewassers ist.

5. Das Einsinken des Pegels in den Meeresboden ist gleichfalls in Rechnung zu ziehen. Es wird das Maß desselben durch eine an einem der Beine angebrachten Röhre gemessen, in welcher ein eingesteckter Kork erkennen läßt, wie weit der Pegel einsank. Die größte beobachtete Einsinktiefe betrug 8 *cm*. Bei einem Versuche von drei Wochen Länge war ein Einsinken nicht wahrnehmbar. Es hängen diese Verschiedenheiten von der Art des Meeresbodens ab. Auf Schlammboden darf der Pegel selbstverständlich nicht verwandt werden.

Die notwendige Korrektion ergibt sich aus der Formel $E \cdot t_a / t$, worin E die Gesamteindringungstiefe, t die Gesamtliegezeit, t_a die Zeit vom Auslegen bis zur Beobachtung bedeuten, da angenommen werden darf, daß das Einsinken gleichmäßig erfolgt.

Die mit dem Apparate vorgenommenen Versuche haben zuletzt recht zufriedenstellende Resultate ergeben. Inwieweit seine Angaben mit denen eines registrierenden Pegels moderner Konstruktion übereinstimmen, wird voraussichtlich bald dadurch festgestellt werden können, daß der Hochseepegel in der Nähe eines festen registrierenden Pegels ausgelegt wird. Wahrscheinlich ist nach den bisher erzielten Resultaten, daß dieser Unterschied ± 10 *cm* Wassersäule nicht überschreiten wird. Dabei sei hervorgehoben, daß der Hochseepegel nicht mit dem Gedanken geplant wurde, als Konkurrent des festen registrierenden Pegels aufzutreten. Er soll dort eintreten, wo ersterer nicht vorhanden ist oder nicht aufgestellt werden kann.

Der Hochseepegel wird demnach verwendet werden können

1. zur Erforschung des Verlaufs der Ebbe und Flut auf hohem Meer mit Tiefen bis zu (vorläufig) 200 *m*,
2. zu Vermessungszwecken in Küstengewässern, wenn das Vermessungsgebiet so weit von der Küste entfernt liegt, daß die Angaben eines dort aufgestellten festen Pegels nicht mehr maßgebend sein können, oder die Beobachtung eines solchen Gefahr für die Gesundheit der Beobachter mit sich bringt,
3. zur Verwendung besonders in außereuropäischen Ländern, wenn es darauf ankommt, die Flutkonstanten für einen Hafenplatz zu bestimmen, finanzielle Gründe aber die Aufstellung eines festen, registrierenden Pegels verhindern.

Referate.

Eine neue Vorrichtung für Präzisions-Stahlbandmessung und Messungsergebnisse.

Von H. Löschner. *Zeitschr. f. Vermess.* **32.** *S. 165. 1903.*

Zur Stahlband-Messung.

Von W. Reinhertz. *Ebenda S. 176.*

Von diesen zwei Mitteilungen über feinere Stahlbandmessung ist die erste im wesentlichen ein Auszug aus des Verf. Schrift „Genauigkeitsuntersuchungen für Längenmessungen", Hannover, Jänecke 1902. Nach einer kurzen Kritik der bisherigen Anreihe-Methoden und Apparate, besonders des Steinerschen, beschreibt der Verf. seine eigene Anreihe- und Spannungsmeß-Vorrichtung für feinere Stahlbandmessung; die damit gewonnenen Ergebnisse auf günstigem Boden (feste Straße, Gehweg, Schiene), bei günstigem Wetter (kleine Temperaturschwankungen) und bei abgeschnürten gemessenen Linien sind sehr genau; der Fehler beträgt für die einmalige Messung mit einem 20 *m* langen, 13 *mm* breiten und rund 0,2 *mm* starken Band, das geätzte Zentimeterteilung hatte, nur $\pm$ 0,24 *mm* für 1 *m* Länge. Dabei wurde rasch gemessen, die 100 *m*-Strecke (nach beendigter Absteckung oder Abschnürung) in durchschnittlich 5 bis 7 Min. Der Verf. empfiehlt für genauere Messungen die feinen leichten Bänder. Im Übrigen ist die Besprechung der erwähnten Schrift des Verf. in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 258. 1903* zu vergleichen.

Der zweite Aufsatz teilt die Ergebnisse von Versuchen mit, die Reinhertz seit seiner Probemessung auf der Strecke der Bonner Basis (vgl. *Zeitschr. f. Vermess.* **25.** *S. 7. 1896*) zu verschiedenen Zeiten angestellt hat.

Von den neueren, zur Erreichung größerer Genauigkeit — der gewöhnlichen Form mit Ziehstabmarkierung gegenüber — hergestellten Bandformen gibt der Verf. für den Gebrauch auf städtischen Straßen der Form mit Handgriffen, für den Gebrauch auf dem Feld der mit zwei Endmarken den Vorzug.

Über den Anreihefehler bei verschiedenen Endpunktsbezeichnungen hat er eingehende Versuche angestellt; sehr genau zeigte sich die Strichziehung an der Kante eines rechtwinklig zum Band stehenden Lineals, das mit Hülfe kleiner Schräubchen an dem gewöhnlichen Band befestigt oder abgenommen werden kann (vgl. die Basismessung in Kiautschou).

Beim Spannungsfehler kann man annehmen, daß Arbeiter, denen ein mittlerer Zug von z. B. 10 *kg* gezeigt ist, diesen Zug mit einer mittleren Abweichung von $\pm$ 2 *kg* ohne besondre Vorrichtung wieder treffen. Je nach der Gebrauchsart des Bandes (glatt aufliegend in der ganzen Länge auf dem Boden, nur auf den Stabriegeln aufruhend und dazwischen freihängend oder endlich auf den Riegeln, dazwischen aber auch auf dem Boden ruhend, halbaufliegend) zeigt sich dasselbe Band in Beziehung auf Zugreckung sehr verschieden, sodaß für Feinmessungen „die Bandlänge je nach der Gebrauchsart zu definieren ist". Für den gewöhnlichen Feldgebrauch (ohne Spannungsreglung und bei der üblichen Maßvergleichung bei glatt aufliegendem Band) wird die Regel aufgestellt, daß bei der eben angedeuteten Feststellung der Länge des Bandes bei einer bestimmten Temperatur eine schwächere Spannung anzuwenden ist als beim Feldgebrauch mit auf den Ziehstabriegeln aufliegendem Band, und daß bei freischwebend gebrauchtem Band (bei Staffelmessung u. s. w.) eine noch stärkere Spannung anzuwenden ist. Dagegen soll bei vollständig aufruhendem Band die Gebrauchsspannung der bei der Maßvergleichung angewandten gleich sein oder sie je nach der Unterlage (Reibung) wenig übertreffen.

Wird Spannungsreglung auf 15 *kg* und Strichziehen an der kleinen Linealkante (s. oben) auf glatter Meßbahn, Fliesen oder Dielen, angewandt, so beträgt der mittlere Fehler einer 20 *m*-Bandlage nicht über $\pm\, ^1/_{10}$ bis $\pm\, ^1/_{15}$ *mm*, also ziemlich genau dasselbe, was sich durch 4 Lagen von 5 *m*-Schneidenlatten erreichen läßt. Der angegebene Fehler der 20 *m*-Bandlage kann sich je nach dem Gelände und der Art des Gebrauchs des Meßbands bis zum 100-fachen der angegebenen Zahlen steigern.

Für Feinmessungen, die in besonderen Fällen gelegentlich auch mit den einfachsten Werkzeugen gemacht werden müssen, ist beim Meßband der relative Fehler von $^1/_{100000}$ erreichbar, aber so ziemlich als Grenze des Möglichen, da 1° Temperaturänderung des Stahlbandes ja bereits die genannte Abweichung gibt. Mit Recht macht der Verf. auf Nickelstahlbänder mit dem bekannten kleinen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufmerksam.

Hammer.

Neuer Schichtensucher.

Von J. Kubala. *Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins* **55.** *S. 300. 1903.*

In immer neuen Formen wird das kleine Werkzeug hergestellt, mit dessen Hülfe möglichst rasch die auf einem Plan gegebene Strecke zwischen zwei Punkten in gegebenen Verhältniszahlen (Differenzen zwischen runden Höhenzahlen und den Höhenzahlen der zwei Punkte) geteilt werden kann. Mehrere Formen dieses Werkzeugs sind vom Ref. in dieser Zeitschrift erwähnt worden.

Hier liegt ein neues Modell („Isohypsograph") vor, das recht zweckmäßig und jedenfalls eine der einfachsten bis jetzt vorhandenen Konstruktionen ist. Ein viereckiger Rahmen, der auf die Planebene zu legen ist, bildet ein verstellbares Parallelogramm, indem in den vier Ecken Gelenke angebracht sind. Der Parallelogrammwinkel kann zwischen einem Rechten (Rechteck von den Seiten 17×7 *cm*) und nahezu 0 (Zusammenklappen des Rahmens durch Aneinanderlegen der längern Seiten) verändert werden. Auf dem Rahmen sind gleichabständige Fäden parallel zu den kürzern Seiten des jeweiligen Parallelogramms ausgespannt, den Hauptpunkten einer auf den Langseiten vorhandnen Teilung entsprechend. Am Anfang der Teilung der einen Langseite ist ein Plättchen angebracht mit 11 durchgestochnen Punkten, die den 11 ersten Teilpunkten dieser Teilung entsprechen. Eine dieser Öffnungen dient zur Befestigung des Rahmens mit Hülfe einer Nadel auf der Planebene, sodaß der Rahmen um diesen Punkt gedreht werden kann. Die Benutzung des Instruments wird hiernach klar sein. Es stellt das Wagnersche Pauspapier-Parallelennetz, aber mit rasch und willkürlich änderbarem Abstand der gleichabständigen Parallelen vor. Ref. ist mit dem von Neuhöfer & Sohn in Wien bezogenen Exemplar recht zufrieden, nur wäre selbstverständlich ein Metallrahmen den Holzstäbchen vorzuziehen. *Hammer.*

Rechenschieber für Tachymetrie.

Der neue, recht zweckmäßig eingerichtete Tachymeterschieber wird nach Angabe von Hrn. Landesvermessungs-Inspektor Seiffert von der Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig ausgeführt. Die Einheit der auf Ober- und Unterseite des Stabs aufgetragenen logarithmischen Skale ist 200 *mm*, der ganze Schieber etwas über 50 *cm* lang. Auf der Zunge ist oben die $^1/_2 \sin 2\alpha$-Teilung, von 0° 10′ bis 45° gehend; an den 10′-Strichen zwischen 0° 10′ und 1° 40′ steht als zweite Bezifferung 1′, 2′ . . . 10′, ein Auskunftsmittel für die kleinen Höhenwinkel, auf das bekanntlich schon Moinot aufmerksam machte, während freilich in mehreren neuen Werken über Geodäsie immer noch die Bemerkung zu lesen ist, die (nach links ins Unendliche ausgehende) Höhenskale der Tachymeterschieber „versage" für kleine Höhenwinkel. Auf der untern Hälfte der Zunge ist die $\cos^2\alpha$-Teilung von 0° bis 45°. Eine *einzige* Einstellung der Zunge führt, im Gegensatz zu Wild u. s. w., aber in Übereinstimmung mit mehreren andern neuern Tachymeterschiebern, zur Ablesung von Horizontaldistanz und Höhenunterschied. Unbequem bleibt die Ablesung der auf den Horizont reduzierten Distanz bei *kleinen* Höhenwinkeln; hier ist eine kleine Tabelle entschieden bequemer, die sogar durch einige leicht auswendig zu merkende Zahlen ersetzt werden kann. Zweckmäßig ist, daß der Urheber des neuen Tachymeterschiebers auf der untern Hälfte der Zunge (rechts) auch noch eine *Tangens*-Skale untergebracht hat, zur Bildung des Höhenunterschiedes aus Horizontaldistanz und Höhenwinkel bei halbtrigonometrischer Höhenaufnahme, Meßtisch-Höhenaufnahme (auch Rückwärtseinschneiden der Höhe des Theodolitstandpunkts u. s. w.); diese Teilung beginnt mit 0° 35′, indem für Winkel $< {^1/_{100}}\,\varrho$ genügend genau $\operatorname{tg}\alpha = {^1/_2}\sin 2\alpha$ gesetzt werden kann, und geht bis etwa $26^1/_2$°.

Die unterste Stabteilung enthält ferner noch eine kleine Teilung für den Betrag der Erdkrümmung und Refraktion, in *dm* angeschrieben, unmittelbar unter den auf der untern Stabhälfte rechts angegebenen Entfernungen.

Der Preis des Tachymeterschiebers ist mäßig, 15 M.; das Instrument stellt auch aus diesem Grund eine willkommene Ergänzung des tachymetrischen Meßapparats vor.

Hammer.

Über neuere japanische Seenforschungen.

Nach Reports of the Tokyo Phys. Math. Soc. Nr. 15. 1902.

Nachdem das Studium der sehr merkwürdigen periodischen Seespiegelschwankungen, die zuerst am Genfer See die Aufmerksamkeit verschiedener Forscher, namentlich Forels und Ed. Sarasins, auf sich gezogen hatten und die hier die Lokalbezeichnung der „*Seiches*“ erhalten hatten, von den Schweizer Seen auch auf andere Gebiete ausgedehnt worden ist, liegen nun auch aus Japan Berichte über *Seiches*-Beobachtungen vor, welche auf die Anregung von H. Nagaoka hin durch die Erdbebenkommission von dessen Schülern ausgeführt worden sind. Verwendet wurde zunächst das von Ed. Sarasin konstruierte transportable selbstregistrierende Limnimeter, von dem sich in dieser Zeitschrift eine ausführliche Beschreibung befindet[1]). Da sich indessen sehr bald das Bedürfnis herausstellte, zur Entwirrung des Schwingungsbildes, zur Festlegung des Verlaufes der Knotenlinien und der Lage der Schwingungsbäuche der stehenden Oszillationen der Wassermassen ein zweites, sekundierendes Instrument zu besitzen, welches leicht an den verschiedensten Uferpunkten montiert werden konnte, konstruierten S. Nakamura und Y. Yoshida ein selbstschreibendes Limnimeter, bei dem sie die Vertikalbewegungen der Pegelstange direkt auf eine *vertikal* gestellte, durch ein Uhrwerk bewegte Schreibtrommel aufzeichnen ließen. Sie verzichteten demnach auf die Überführung der Vertikalbewegungen in horizontale mittels Zahnscheibe und Triebstange, durch die die Sarasinsche Konstruktion ausgezeichnet ist[2]). Fig. 1 stellt das Instrument im Aufriß dar; die Nebenfigur (rechts oben) zeigt die Schreibstiftanordnung von oben gesehen. Das Instrument ist auf einem stabilen Holzdreifuße montiert. Der aus Zinkblech gefertigte Hohlschwimmer F wird durch die Druckschraube T_1 am unteren Ende der Pegelstange B befestigt, auf welcher mittels T das dreieckige Hohlprisma AA in geeigneter Stellung festgeklemmt werden kann. Dasselbe erhält seine Führung durch je drei Rollen R

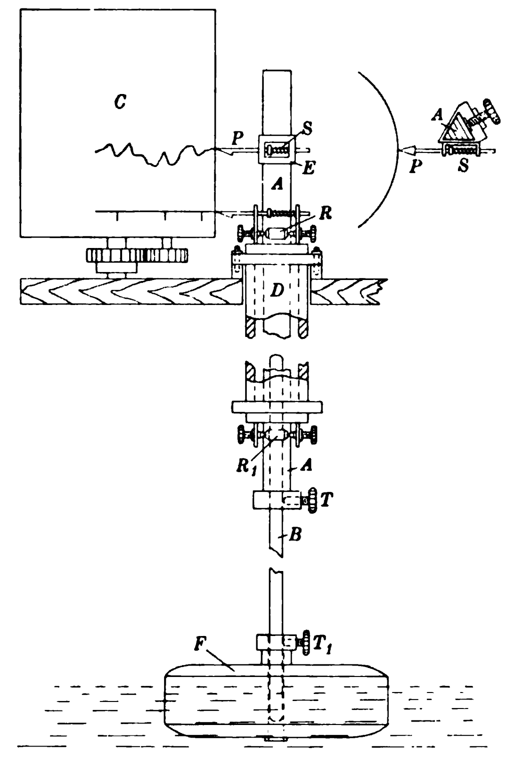


Fig. 1.

---

[1]) H. Ebert, *diese Zeitschr.* **21.** *S. 193. 1901.*

[2]) Dasselbe Konstruktionsprinzip, welches hier durchgeführt worden ist, hat seit zwei Jahren bereits bei den bayerischen *Seiches*-Forschungen Anwendung gefunden. Hr. Endrös, welcher auf Veranlassung des Referenten die Bewegungen des Chiemsees durchforscht hat, wendete mit Vorteil neben zwei als Stationsinstrumente dienenden Sarasinschen Limnimetern ein drittes von ihm konstruiertes an, welches im Prinzip vollkommen dem oben beschriebenen japanischen Instrumente gleicht. Eine Beschreibung desselben wird der Genannte demnächst in dieser Zeitschrift veröffentlichen.

und R_1, die oben bezw. unten an dem Ende der Führungsröhre D in Spitzenlagerung drehbar befestigt sind. Diese Röhre ist an einer, von einem festen Stative getragenen Holzplatte befestigt, auf welcher außerdem der von einem Uhrwerke um eine vertikale Achse gedrehte Schreibzylinder C sitzt. Die Schreibvorrichtung wird mittels des Gleitstückes E am Prisma an geeigneter Stelle befestigt; der Schreibstift P wird durch die Feder S direkt gegen das um den Zylinder C gelegte Papier leicht angedrückt. Der oberhalb R befindliche Schreibstift zeichnet die Nullinie und die Zeitmarken.

Beim Vergleiche dieses Instrumentes mit demjenigen von Sarasin haben sich am gleichen Orte erhebliche Differenzen ergeben, die erst behoben wurden, als auch bei Sarasins Limnimeter die Schreibtrommel vertikal gestellt und also der Übertragungsmechanismus der vertikalen Bewegung in die Horizontalrichtung eliminiert wurde; leider ist nicht gesagt, ob nicht einfach etwas toter Gang in diesem Mechanismus die Unstimmigkeit herbeigeführt haben konnte.

Die *Seiches*-Beobachtungen wurden zunächst auf den Biwa-See, den größten der japanischen Binnenseen, sowie auf den Hakone-See erstreckt, welch letzterer sich wegen seiner einfachen, langgestreckten Form besonders zum Vergleiche zwischen Theorie und Beobachtung eignete. In ihm wurde eine uninodale Längs-*Seiche* von 15,4 Minuten und eine binodale Oberschwingung von 6,8 Minuten Periodendauer (Verhältnis 2,3 : 1 [!]) gefunden. Aus Lotungen, welche die Beobachter selbst ausführten, konnten bei Bildung geeigneter Mittelwerte aus der Merianschen Formel Werte für die Schwingungsdauer berechnet werden, welche mit derjenigen der Hauptschwingung gut übereinstimmten. Bei dem buchtenreichen, ziemlich unregelmäßig gestalteten Biwa-See wurden an den 13 Beobachtungsstationen eine Fülle verschiedener Schwingungen erhalten, deren Zusammenhang klar zu legen noch viel Mühe kosten wird.

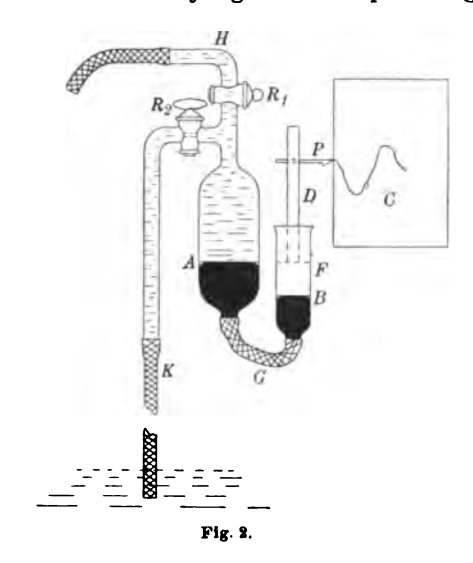


Fig. 2.

Die Hrn. Nakamura und Yoshida dehnten ihre Messungen auch auf die nach dem Meere hin offene Bucht von Osaka aus und fanden auch hier stehende Eigenschwingungen. Um die enorme, für die Registrierungen unbequeme Amplitudenhöhe in einem bestimmten Maßstabe zu reduzieren, konstruierte S. Nakamura den in Fig. 2 skizzierten *„transportablen Quecksilbergezeitenmesser"*. An das zylindrische Glasgefäß A sind oben zwei durch die Hähne R_1 und R_2 verschließbare Röhren angesetzt, welche die Gummischläuche H und K tragen, von denen der letztere bis hinab in das Seewasser reicht. Das Gefäß A steht unten durch den Gummischlauch G mit dem Gefäße B in Verbindung, in dem sich der Stempel F bewegt. Derselbe trägt den durch eine (in der Figur nicht gezeichnete) Führung vertikal erhaltenen Stab D mit dem Schreibstift P, der gegen die Schreibtrommel C federt.

Um den Apparat in Betrieb zu setzen, füllt man G und die unteren Hälften der Gefäße A und B mit Quecksilber, saugt durch H eine Wassersäule bis dicht unter R_2 empor, taucht dann das Ende des Schlauches H in eine Schale mit reinem Seewasser und läßt dieses durch R_1 nach A hineinsaugen durch den Fall der in K vorher emporgesaugten Wassersäule; so füllt sich das Ganze, ohne daß Luftblasen zurückbleiben, mit reinem Seewasser; hierauf schließt man den Hahn R_1 und reguliert Hahn R_2 so, daß die Seespiegelschwankungen eine geeignete Dämpfung erfahren. Die Schwingungen übertragen sich auf das Quecksilber und auf den Stempel F, aber augenscheinlich in reduziertem Maßstabe. Ist die Höhe der Berührungsfläche von Wasser und Quecksilber in A zu irgend einer Zeit über einem willkürlich gewählten Normal-Horizonte gleich l, die der Quecksilberoberfläche in B gleich m, so wird der Zug der Wasser-

säule von der Höhe l nach unten aufgehoben durch den Zug der Quecksilbersäule von der Länge $l - m$ nach der entgegengesetzten Seite. Ist also δ das spezifische Gewicht des Quecksilbers bezogen auf dasjenige des Seewassers als Einheit, so muß

$$l \cdot 1 = (l - m) \cdot \delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

sein.

Steigt der Seespiegel um die Höhe a, so ändert sich l (immer vom Normalhorizonte gemessen) um eine gewisse Größe, etwa Δl, die Höhe m etwa um Δm, wo Δl und Δm sowohl positiv wie negativ sein können; es muß jetzt

$$(l + \Delta l - a) \cdot 1 = (l + \Delta l - m + \Delta m) \cdot \delta$$

oder mit Berücksichtigung von Gl. 1)

$$\Delta l - a = \delta \cdot \Delta l - \delta \cdot \Delta m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

sein. Wegen der Inkompressibilität des Quecksilbers ist aber immer

$$\Delta l \cdot s = - \Delta m \cdot \sigma \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

wenn s und σ die Querschnitte der Gefäße A und B bezeichnen. Drückt man hiernach in Gl. 2) Δl durch Δm aus, so erhält man

$$\Delta m = \frac{a}{(\delta - 1)\frac{\sigma}{s} + \delta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4)$$

Bei einer Seespiegelerhebung um die Höhe a verschiebt sich also der Schreibstift um eine Strecke Δm, welche sich zu a verhält wie

$$1 : \left[(\delta - 1)\frac{\sigma}{s} + \delta\right].$$

Der Klammerausdruck gibt also den Betrag der *Reduktion*, in der die Seespiegelschwankungen aufgezeichnet werden. Haben die Gefäße A und B gleichen Querschnitt, so findet eine Reduktion im Verhältnis $1 : (2\delta - 1)$ statt, ist B ein sehr enges, A ein weites Rohr, sodaß σ klein gegenüber s ist, so ist das Reduktionsverhältnis nahezu $1 : \delta$ und die Reduktion wird um so erheblicher, je weiter B im Vergleich zu A ist. Nakamura empfiehlt übrigens, das Reduktionsverhältnis an Ort und Stelle empirisch auszuwerten. Für den Transport braucht der Apparat nicht entleert zu werden, es genügt, beide Hähne zu schließen und den Stempel F durch einen auf B gesetzten Kork festzuhalten.

In der dritten der hier zusammengefaßten Arbeiten zeigt H. Nagaoka, daß die Wirkung der zerstörenden Flutwellen, die so oft die Gestade von Buchten heimsuchen, die sich gegen den freien Ozean öffnen und die in Japan, wo sie sehr häufig sind, den speziellen Namen der „Tsunamis" tragen, sich aus der *Seiches*-Theorie erklären lasse. Da die Amplituden der von außen her erregten Eigenschwingungen umgekehrt proportional der vierten Wurzel aus der mittleren Tiefe des Buchtquerschnittes wachsen, so ist verständlich, wie Wogen, die an der Mündung der Bucht noch kaum merklich sind, im Inneren derselben unter Umständen enorme Beträge erreichen können, wenn sie die Eigenschwingungen des Beckens erregen. Durch diese Zurückführung der zerstörenden Fluterscheinungen auf die *Seiches*-Phänomene gewinnt die Beobachtung derselben eine erneute, außerordentlich wichtige *praktische* Bedeutung. *H. Ebert.*

Über die Druckkräfte der Schallwellen und die absolute Messung der Schallintensität.

Von W. Altberg. *Ann. d. Physik* **11.** *S. 405. 1903.*

Verf. verwendet zur Messung des Drucks, der von Schallwellen ausgeübt wird, in analoger Weise wie Lebedew zur Messung des Lichtdrucks (vgl. *diese Zeitschr.* **22.** *S. 57. 1902*) eine Torsionsdrehwage, deren Ablenkung mit Spiegel und Skale beobachtet wird. Bedeutet E die in der Sekunde auf eine ebene Wand auffallende Energiemenge, V die Schallgeschwindigkeit, so ist nach Rayleigh der auf die Wand ausgeübte Druck

$$p = 2\,E/V,$$

wenn die Schallwelle reflektiert wird. Da sich die Schallwelle bei den vorliegenden Versuchen in einer Entfernung von 50 *cm* von der reflektierenden Wand befindet, so ist diese letztere hohlspiegelähnlich gestaltet. Sie besteht aus einem ebenen zentralen Teil von 10 *cm* Durchmesser, an den sich ein konischer Ansatz von 30 *cm* äußerem Durchmesser anschließt. In der Mitte dieses aus Zinkblech von 1,3 *mm* Stärke bestehenden Reflektors befindet sich ein Loch, in dem der zur Druckmessung dienende Stempel *P* (Fig. 1) mit geringem Spielraum derart angebracht ist, daß er sich in dem Schlitz frei bewegen kann. Zu diesem Zweck hängt er an einer Drehwage. In die Ansatzröhre *T* können verschiedene Holzringe *R* eingesetzt werden, welche den Spielraum des Stempels *P* in seitlicher Richtung und auch die Länge des zwischen *R* und *P* gebildeten kreisförmigen Schlitzes zu verändern gestatten.

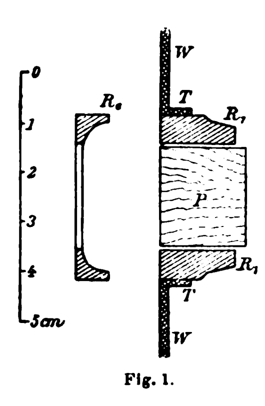


Fig. 1.

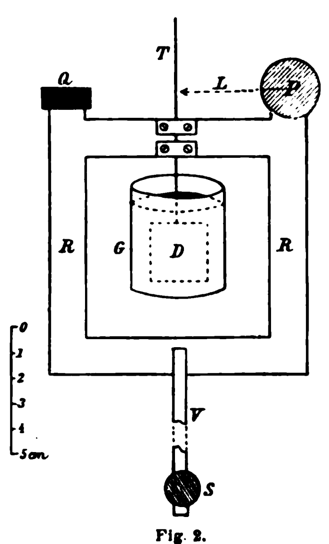


Fig. 2.

Die Drehwage wird von einem Stahldraht *T* (Fig. 2) von 0,23 *mm* Durchmesser und 30 *cm* Länge gebildet, an dem der Messingrahmen *R* aufgehängt ist. Dieser trägt den Druckstempel *P* und ein passendes Gegengewicht *Q*; an der Stange *V* ist der Ablesespiegel *S* angebracht; die Dämpfung der Schwingungen geschieht durch die im Innern des Rahmens befestigte Schaufel *D*, welche in Glyzerin eintaucht. Das Trägheitsmoment des Rahmens wurde durch aufgelegte Stäbe von bekanntem Moment bestimmt. Als Schallquelle diente ein Kundtsches Glasrohr von 76 *cm* Länge und 2,5 *cm* Durchmesser, an dessen einem Ende eine Kugel von 5 *cm* Durchmesser angeblasen war und das nach dem Vorgang von R. König durch ein ununterbrochen rotierendes Reibzeug erregt wurde. Hierzu diente eine Scheibe aus Palmenholz (Durchmesser 10 *cm*, Breite 6 *cm*), über welche zwei Gummiringe *g g* (Fig. 3) und mehrere Lagen Tuch gelegt wurden, die durch Ringe $F_1 F_2$ befestigt waren. Über das Tuch kam noch ein Streifen aus rohem chinesischen Seidenband, das während des Versuchs fortwährend mit Alkohol (20 bis 25 %-ig) benetzt wurde. Das Reibzeug konnte mit verschiedener Belastung, bis zu 50 *kg*, angepreßt werden und wurde mit einer Umfangsgeschwindigkeit von 0,4 bis 3,4 *m* in der Sek. durch einen Elektromotor bewegt. Fig. 4 zeigt die hierzu dienende Vorrichtung. *R* ist das Reibzeug, das mittels der Hebelvorrichtung *A B F S* gegen das im Querschnitt gezeichnete Glasrohr *K* angepreßt wird. Das Dynamometer *D* gibt ein Maß für die Stärke des Drucks. *M M* sind Holzklötze, über die Hanfschnüre *H* gespannt sind, welche den Druck auf das Glasrohr übertragen. Diese Vorrichtung arbeitete so wirksam, daß die Tonintensität auf die Dauer nur ertragen werden konnte, wenn die Ohren durch passend geblasene Glaskugeln verstopft wurden. Die durch Staubfiguren bestimmte Wellenlänge des Tones betrug 10 *cm*.

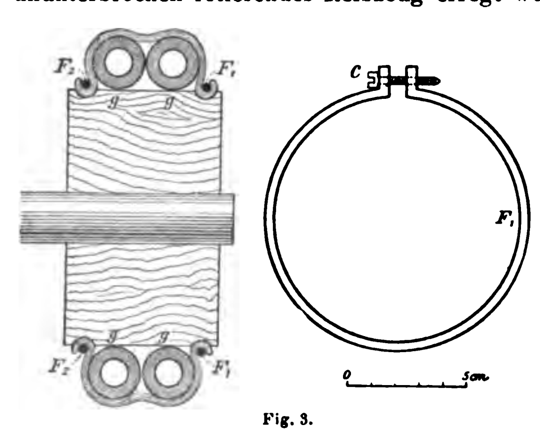


Fig. 3.

Um in bequemer Weise die Stärke der Erregung des Rohres zu überwachen, wurde ein M. Wiensches Manometer (*Wied. Ann.* **36.** *S. 836. 1889*) verwendet, das aus der Kapsel eines Phonographen gebildet war. Die Glasplatte der Kapsel wurde durch die Schallwellen

in Schwingungen versetzt; die Amplitude dieser Schwingungen ermittelte man dadurch, daß man mit Hülfe eines Okularmikrometers die Verbreiterung maß, die das Bild eines Glühlampenfadens durch die von der Glasplatte auf einen kleinen Spiegel übertragenen Schwingungen erfuhr.

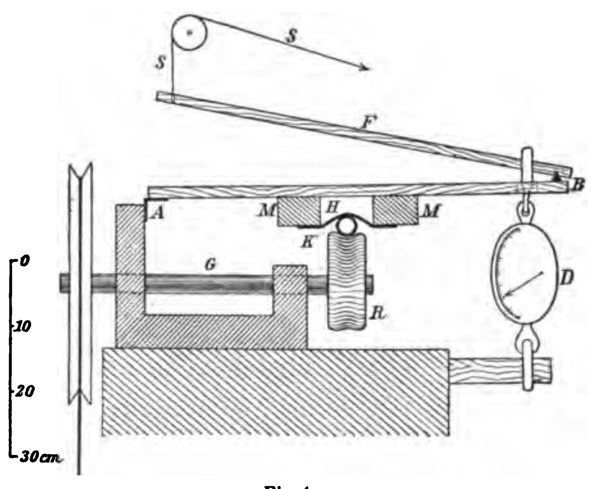


Fig. 4.

Die Versuche erstrecken sich auf das Studium der Schallquelle, den Einfluß der Schlitz-Dimensionen des Stempels u. s. w. und besonders auf die absolute Messung der Schallintensität. Die gefundenen Zahlen berechtigen zu der Annahme, daß für die kleinste Schlitzweite von 0,5 *mm* und die größte Schlitzlänge von 15 *cm* die Angaben des Druckapparates nur wenig (wohl unter 10 %) durch das Vorhandensein des Schlitzes verringert werden. Aus der Direktionskraft des Aufhängedrahtes ($D = 414$ Dyne $\times$ *cm*) berechnet sich bei intensiver Schallerregung (Ablenkung von 50 Skalenteilen bei einem Abstand der Skale von 2485 Skt.) der Druck auf 1 *qcm* $p = 0{,}24$ Dyne ($= 0{,}00018$ *mm* Hg $= 0{,}2$ Milliontel Atm.). Aus der oben angegebenen Rayleighschen Formel ergibt sich daraus die auf 1 *qcm* der Wand in der Sek. fallende Energiemenge zu $E = 4100$ Erg/*cm*² $\times$ Sek. $= 5{,}6 \times 10^{-7}$ P.S./*cm*²; die gesamte von dem Rohr ausgehende Energiemenge bei Annahme gleichmäßiger Raumverteilung würde danach 0,02 P.S. betragen; trotz dieser geringen ausgestrahlten Energiemenge ist die Schallintensität betäubend groß. *W. J.*

Bestimmung der Temperatur von Bädern flüssiger Luft.

Von U. Behn und F. Kiebitz. *Ann. d. Physik* **12.** *S. 421. 1903.*

Die Verf. benutzen als Maß der Temperatur flüssiger Luft ihr spezifisches Gewicht. Da dieses sich um etwa 0,04 für 1° ändert und eine Bestimmung bis auf etwa den zehnten Teil dieses Betrages ausführbar ist, so ergibt sich, daß diese Meßweise für eine mäßige Genauigkeit völlig ausreicht. Zur Bestimmung des spezifischen Gewichts dienen kleine mit Luft gefüllte Schwimmer aus Quarzglas von W. C. Heraeus in Hanau oder aus Duraxglas von Schott & Gen. in Jena von nebenstehender Gestalt. Diese Stoffe haben den Vorzug einer geringen Wärmeausdehnung, und sie ertragen schroffe Temperaturwechsel, ohne zu zerspringen.



Das spezifische Gewicht einer Anzahl solcher Schwimmer wurde dadurch ermittelt, daß man sie in wäßrigen Lösungen von Alkohol oder Salz zum Schweben brachte, deren Dichte mit der Mohr-Westphalschen Wage bestimmt wurde. Sie wurden danach in flüssiger Luft zum Schweben gebracht, deren Temperatur mit Hülfe der von Baly (*Phil. Mag.* **49.** *S. 517. 1900*) angegebenen Werte aus ihrem Sauerstoffgehalt ermittelt wurde. Strömungen in der flüssigen Luft durch aufsteigende Gasblasen, die die Beobachtungen stark erschweren oder fälschen können, suchte man während der Ablesung dadurch zu verhindern, daß kurz zuvor ein stärkeres Sieden durch elektrische Heizung einer kleinen in der Flüssigkeit befindlichen Spule aus Konstantandraht herbeigeführt wurde.

Die ermittelten Werte für die Abhängigkeit des spezifischen Gewichts von der Temperatur wurden graphisch ausgeglichen. Nach Berücksichtigung einiger Verbesserungen ergaben sich folgende Zwischenwerte für Duraxglas.

Temperatur in Grad C.	Spez. Gewicht	Temperatur in Grad C.	Spez. Gewicht
— 185,5	1,110	— 189,5	1,035
— 186,5	1,097	— 190,5	1,007
— 187,5	1,080	— 191,5	0,975
— 188,5	1,059	— 192,5	0,937

Ein Satz von 8 Schwimmern würde also genügen, um — nötigenfalls unter Zuhülfenahme der Heizvorrichtung — die Temperatur auf 0,5° zu ermitteln. Die Schwimmer können von Hrn. R. Burger in Berlin N., Chausseestr. 2 E, bezogen werden. *Rt.*

Lichtstarkes Sammellinsensystem für Mikroprojektion.

Von A. Köhler. *Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie* ***19.*** *S. 417. 1902.*

Die Apparate für Mikroprojektion werden bisher meist so eingerichtet, daß man nach Auswechslung einzelner Teile zur Makroprojektion übergehen kann. Dabei entstehen durch Absorption und Reflexion in dem Beleuchtungssystem, das die Strahlen dem Mikroskopkondensor zuführt, bedeutende Lichtverluste, etwa 50 %, da dies System aus zwei oder drei großen Linsen aus gewöhnlichem Glase besteht. Der Verf. verwendet bei seiner ausschließlich für Mikroprojektion bestimmten Einrichtung, die von C. Zeiss in Jena ausgeführt wird, für die stärksten Vergrößerungen nur eine Beleuchtungslinse von 8 *cm* Durchmesser aus besonders lichtdurchlässigem Glase und erhält so nur einen Lichtverlust von etwa 10 %. Bei den schwächeren Vergrößerungen benutzt er Kombinationen dieser Linse mit einer von zwei weiteren, auf wegklappbaren Reitern angeordneten Linsen. Bei jeder der drei Anordnungen des Sammellinsensystems ist für die betreffende Vergrößerungsstufe das Gesichtsfeld und die Kondensoröffnung gerade ausreichend beleuchtet. Um starke Erwärmungen des Präparates zu vermeiden, ist es nämlich vorteilhaft, nur das notwendige Licht auf das Präparat zu leiten. Aus diesem Grunde ist noch eine Irisblende so angeordnet, daß ihr Bild in die Ebene des mikroskopischen Objekts fällt und so der beleuchtete Teil nach Belieben eingeschränkt werden kann. *A. K.*

Kapillarelektrometer.

Von G. J. Burch. *Proc. Roy. Soc.* ***71.*** *S. 102. 1902; The Electrician* ***50.*** *S. 357. 1902.*
S. W. J. Smith. *Phil. Mag.* ***5.*** *S. 398. 1903.*

Der durch Fig. 1 dargestellte Apparat ist eine verbesserte Form der schon früher von G. J. Burch[1]) beschriebenen Kapillarelektrometer. Die Anordnung geht aus der Figur hervor. Über das Ebonitstativ *A* der Kapillare *C* sei nur erwähnt, daß es eine Drehung um die Schraube *M* und in geringem Maße auch um die Schraube *L* gestattet, was zur Justierung des Apparates notwendig ist. Der wesentlichste Bestandteil ist nächst der Kapillare *C* das Gehänge *H*, dessen einzelne Teile die Fig. 2a, b, c zeigen. Die Stücke *a* und *b* werden aus Glimmerplatten geschnitten, aufeinander gelegt und durch vier feine Platindrähtchen zusammengebunden; *a* darf nicht zu dünn sein und muß nötigenfalls aus mehreren übereinandergelegten Scheiben zusammengesetzt werden. Der so entstehende Glimmertrog wird bei schräg gestelltem Stativ *A* mittels zweier Platindrahtkettchen an den im Stativ verschiebbaren Drahthaken aufgehängt und, nachdem die Rinne mit Schwefelsäurelösung (25 %) benetzt ist, durch Aufrichten des Stativs mit der vorher gefüllten Kapillare in Berührung gebracht. Der Glimmertrog wird vorher so justiert, daß die Kapillare die Mitte der Rinne einnimmt. Danach wird ein dünnes Deckglas einseitig mit Säure benetzt und an den Glimmertrog herangebracht, wo es durch Kapillarkräfte festgehalten wird. Gegen eine senkrechte Verschiebung ist es gestützt durch die zwei unteren Platindrähtchen, welche *a* und *b* zusammen-

[1]) G. J. Burch, *Capillary Electrometer in Theory and Practice. The Electrican* ***37.*** *S. 380, 401, 435, 473, 514, 532. 1896.*

halten. Größe und Gestalt des Deckglases sowie die Anordnung der Teile zeigt Fig. 2 c. Darauf wird das Gefäß *D*, welches über dem Quecksilber Schwefelsäurelösung enthält, soweit angehoben, daß der untere Rand des Deckglases benetzt wird. Durch gelindes Klopfen und Schütteln entfernt man die letzten Luftbläschen aus der Rinne, bis sie ganz von Säure erfüllt ist. Das Ende der Kapillare befindet sich so in einer flachen Schicht Säure unter dünnem Deckglas und kann mit Objektiven kurzer Brennweite im Mikroskop beobachtet werden.

Auseinandernehmen kann man den Trog leicht und ohne die Kapillare zu gefährden, wenn man ihn ganz in Wasser untertaucht.

Das *tragbare* Kapillarelektrometer von Smith besitzt einen Flüssigkeitsbehälter in H-Form, der nach der Füllung an den oberen Schenkelenden verschlossen wird, sodaß ein Verdampfen oder Verschütten beim Transport ausgeschlossen ist. Die Schenkel werden durch weite Rohre (etwa 1 *cm* Durchmesser), das Verbindungsstück durch die Kapillare gebildet. Im einen Schenkel befindet sich Quecksilber, im andern Schwefelsäurelösung über etwas Quecksilber. Um die Flüssigkeitshöhen und damit die Druckdifferenz auf beiden Seiten der Kapillare bequem ändern zu können, genügt es die oberen Enden der Schenkelrohre durch ein Glasrohr zu verbinden; bequemer ist es, zwischen den unteren Schenkelenden noch ein Querrohr mit Glashahn einzuführen. Dann genügt ein vorübergehendes Öffnen des Hahnes bei Neigung des Apparats, um die Druckdifferenz auf den gewünschten Betrag zu bringen. Die Spannung wird durch zwei in die unteren Schenkel eingeschmolzene Platindrähte zugeführt, an deren Enden Stücke von amalgamierter Platinfolie angeschweißt sind. Dadurch werden elektromotorische Kräfte, die möglicherweise infolge Benetzung der Platinzuleitungen mit Säure störend auftreten könnten, vermieden.

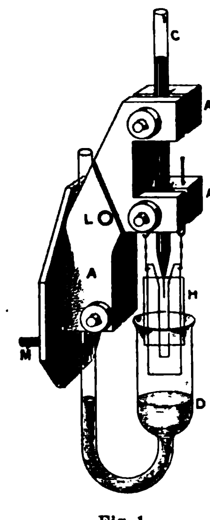


Fig. 1.

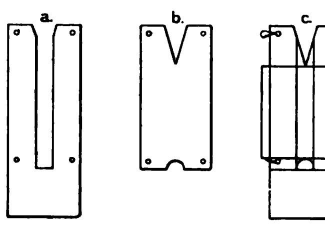


Fig. 2.

Statt des üblichen Stromschlüssels in Form der Morsetaster wird diesem Instrument ein Quecksilber-Platin-Schlüssel folgender Anordnung beigegeben. Ein einseitig zugeschmolzenes, auf der anderen Seite mit Schlauch und Druckballon abgeschlossenes U-Rohr ist reichlich mit Quecksilber gefüllt. Von drei eingeschmolzenen Platindrähten steht der mittlere, der zum einen Elektrometerpol führt, dauernd mit dem Quecksilber in Verbindung, von den beiden anderen, nahe den Quecksilberkuppen endenden Platinspitzen stets nur eine. Je nachdem das Quecksilber seine Ruhelage inne hat oder durch erhöhten Druck im Ballon nach dem zugeschmolzenen Röhrenende verschoben wird, berührt es die eine oder andere Spitze, wodurch das Elektrometer kurzgeschlossen oder an die zu messende Potentialdifferenz angelegt wird[1]). Dieser Schüssel soll einmal wegen der Kleinheit der Thermokraft zwischen Platin und Quecksilber, andererseits wegen des erschütterungsfreien Gebrauchs vorteilhaft sein.

Das Instrument läßt sich ohne Mühe zur Beobachtung von 0,0001 Volt empfindlich genug machen. Es ist dabei praktisch ziemlich gleichgültig, ob die Kapillare 1 *mm* oder weniger Durchmesser besitzt, weil nach Ansicht des Verf. die bei Verkleinerung des Querschnitts wachsende Empfindlichkeit wegen der entsprechend größeren Störungen durch Benetzung und Änderung des Randwinkels nicht ausgenutzt werden kann.

Grüneisen.

[1]) Über diesem ähnliche Quecksilberschlüssel vgl. Kamerlingh Onnes, *Communic. Phys. Labor. Univers. Leiden Nr. 27. S 31. 1896.*

Neu erschienene Bücher.

A. Laussedat, *Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques.* Bd. 2; II. Tl. gr. 8°. 287 S. mit Fig. und 18 Taf. Paris, Gauthier-Villars 1903. 13 fr.

Dieser 2. Teil des II. Bandes, der das umfassende Werk des Obersten Laussedat nunmehr abschließt (vgl. *diese Zeitschr.* ***19.*** *S. 62. 1899;* ***21.*** *S. 247. 1901*), trägt den Untertitel: „Entwicklung und Fortschritte der Metrophotographie im Ausland und in Frankreich" und ist also abermals dem eigensten Arbeitsgebiet des Verf. in der Topographie gewidmet. Daß die Betrachtung über die Phototopographie hinausgeht und die Architekturphotogrammetrie mit umfaßt, ist nur erwünscht.

In der Tat bietet der Verf. einen, abermals durch Figuren und Tafeln reich illustrierten umfassenden Überblick über die neuen methodischen und praktischen photogrammetrischen oder, nach des Verf. Ausdruck, metrophotographischen Arbeiten. Von *Instrumenten* wurden dabei im vorliegenden Teil besonders die Apparate zum Zeichnen (Verwertung der Photographien zur Herstellung von Grund- und Aufriß oder umgekehrt, als Aufgabe der Perspektive, mechanische Herstellung einer Zentralprojektion aus gegebenem Grund- und Aufriß) besprochen, die Perspektographen von Hauck, Brix, Ritter, der *perspecteur mécanique* von v. Ziegler und das optische Perspektometer von Deville; ferner die Instrumente der Telephotographie, wobei, nach Jadanza, die der Photographie so lange vorausgehende Erfindung Christian Wolffs aus Breslau (1742) wieder ins rechte Licht gerückt wird, sowie der Ballonphotographie; endlich die Anwendung der Stereoskopie zur Aufnahme von Plänen; bei diesem neusten und besonders durch die Arbeiten von Pulfrich so aussichtsreichen Abschnitt der Phototopographie verweilt der Verf. ausführlich, indem er zunächst die Telestereoskope von Helmholtz, Cazes und Pulfrich, dann den Stereokomparator von Pulfrich vorführt und die Prinzipien der „Stereophotogrammetrie" (Pulfrich) oder „Metrostereographie" (Cazes) oder „Metrostereoskopie" (Laussedat) erläutert. Außer von Pulfrich und Cazes in Deutschland und Frankreich sind Instrumente zu diesem Aufnahmeverfahren von Deville in Kanada und von Fourcade im Kapland angegeben worden.

Es wird bei den großen Aussichten der Stereophotogrammetrie kaum ausbleiben, daß rasch neue Formen von hierher gehörigen Instrumenten die soeben aufgezählten ersetzen oder wenigstens neben sie treten; als Überblick über den augenblicklichen Stand der Sache ist aber das Werk von Laussedat sehr willkommen und wird auch in Deutschland, das besonders durch die Zeisssche Werkstätte so großen Anteil an der Entwicklung dieser Anwendung der Stereoskopie hat, lebhaftem Interesse begegnen.

Der Ref. möchte nicht schließen, ohne den Verfasser zum Abschluß seines umfangreichen und schönen Werkes zu beglückwünschen. *Hammer.*

W. Ostwald, Lehrb. d. allgemeinen Chemie. In 2 Bdn. I. Bd. und II. Bds. I. Tl. 2., umgearb. Aufl. 2. Abdr. gr. 8°. Leipzig, W. Engelmann 1903. 62,00 M.

I. Stöchiometrie. XIX, 1164 S. m. 173 Holzschn. 28,00 M. — II, 1. Chemische Energie. XV, 1104 S. m. 77 Fig. 34,00 M.

L. A. Sohncke, Sammlg. v. Aufgaben aus der Differential- u. Integralrechnung. 1. Tl. Differentialrechng. Hrsg. v. Prof. Dr. H. Amstein. 6., verb. Aufl., bearb. v. Dr. M. Lindow. gr. 8°. XI, 304 S. m. 124 Fig. Halle, H. W. Schmidt 1903. 5,00 M.

J. Duplessis, *Traité du Nivellement, comprenant les principes généraux, la description et l'usage des instruments, les opérations et les applications.* 3. Ausg. 8°. Mit 98 Fig. Paris 1903. 8,50 M.

A. Texier u. P. Dutheil, *Eléments de Mécanique générale et appliquée.* 2. Tl. 8°. Mit Figuren. Paris 1903. Geb. in Leinw. 4,00 M.

M. Chassagny, *Manuel théorique et pratique d'Électricité.* 2. Ausg. 12°. Mit 176 Fig. Paris 1903. Geb. in Leinw. 3,50 M.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Redaktionskuratorium:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **H. Landolt**, Vorsitzender, Prof. Dr. **A. Westphal**, geschäftsführendes Mitglied, Prof. Dr. **E. Abbe**, Dr. **H. Krüss**.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

XXIII. Jahrgang. **Dezember 1903.** Zwölftes Heft.

Die Empfindlichkeit des Drehspulengalvanometers im aperiodischen Grenzfall.

Von

W. Jaeger in Charlottenburg.

Die Gründe, welche die Verwendung des aperiodischen Grenzzustandes bei den Drehspulengalvanometern besonders empfehlenswert machen, sind in einer vorhergehenden Mitteilung auseinander gesetzt worden[1]. Man kann sie kurz so zusammenfassen: Im Grenzzustand hat man die kürzeste Einstellungsdauer bei maximaler Empfindlichkeit; und zwar gilt dies auch sehr nahe für die ballistischen Galvanometer[2]. Unter Empfindlichkeit ist hier die sogenannte „Voltempfindlichkeit" verstanden, d. h. der einer bestimmten Spannung entsprechende Ausschlag der schwingenden Spule.

Der aperiodische Grenzzustand bedeutet also für die Drehspulengalvanometer in analoger Weise den günstigsten Fall, wie bei den Nadelgalvanometern die Gleichheit des inneren und äußeren Widerstandes. Durch die Beschränkung auf diesen Grenzzustand wird auch eine Basis gewonnen, um Drehspulengalvanometer von verschiedenem Widerstand und verschiedener Schwingungsdauer unter einander und auch mit den Nadelgalvanometern hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit zu vergleichen; ferner ergeben sich daraus einfache Gleichungen, aus denen der Einfluß der verschiedenen Faktoren auf die Empfindlichkeit der Drehspulengalvanometer abgeleitet werden kann.

Für die folgenden Betrachtungen sei deshalb vorausgesetzt, daß stets dieser aperiodische Grenzzustand bei den Galvanometern hergestellt ist. Der Widerstand w des äußeren Schließungskreises (im folgenden kurz „äußerer Widerstand" genannt) soll also eine ganz bestimmte Größe haben und den „Klemmenwiderstand" w_k[3] des Galvanometers in der Weise ergänzen, daß der Gesamtwiderstand W des Schließungskreises der für den aperiodischen Grenzfall geltenden Beziehung

$$p_0 + \frac{q^2}{W} = 2\sqrt{KD} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

genügt, wo also

$$W = w_k + w \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

[1]) *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 261. 1903*; vgl. auch Jaeger, Lindeck und Diesselhorst, *diese Zeitschr.* **23.** *S. 33 u. 65. 1903.*

[2]) H. Diesselhorst, *Ann. d. Physik* **9.** *S. 461. 1902.*

[3]) Unter Klemmenwiderstand ist hier nur der Widerstand der Spule plus Zuleitungen zu verstehen, nicht aber der Klemmenwiderstand unter Benutzung der häufig beigegebenen, eigentlich überflüssigen Ballastwiderstände.

ist. Die Bezeichnungen der früheren Mitteilung sind beibehalten[1]). Wird wieder

$$\mathfrak{T} = \sqrt{K/D} = \tau/\pi \quad \text{. . . . . 3)}$$

gesetzt, so erhält man

$$\frac{q^2}{w_k + w} = 2\,\mathfrak{T}\,D - p_0 \quad \text{. . . . . 4)}$$

Andrerseits ist der Reduktionsfaktor C des Galvanometers, d. h. die Stromstärke (in absolutem Maße), die dem Ausschlags-Winkel 1 entspricht (= 57,3°),

$$C = D/q \quad \text{. . . . . 5)}$$

und die entsprechende Spannung

$$C_v = WC \quad \text{. . . . . 6)}$$

Sind K, D, q und p_0 bekannt, so lassen sich die Größen W, $\mathfrak{T}$, τ, C, C_v daraus berechnen.

Was uns aber hier interessiert, ist die Frage, in welcher Weise die Voltempfindlichkeit abhängt von der Wahl des äußeren Widerstandes w und der ballistischen Ausschlagszeit $\mathfrak{T}$ im Grenzfall (bezw. der Schwingungsdauer $\tau = \pi\,\mathfrak{T}$ im ganz ungedämpften Zustand). Als dritte Bestimmungsgröße, durch die nach Gl. 3) auch das Trägheitsmoment bestimmt ist, tritt dann noch die Direktionskraft D auf und man erhält aus Gl. 6) unter Berücksichtigung der Gl. 2), 4), 5), 6) nach einer kleinen Umformung die Beziehung

$$C_v = \sqrt{\frac{w\,D}{2\,\mathfrak{T}}} \cdot \sqrt{1 + \frac{w_k}{w}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{p_0}{2\,\mathfrak{T}\,D}}} \quad \text{. . . . . . 7)}$$

Aus dieser Gleichung ergeben sich alle wesentlichen Beziehungen für das Drehspulengalvanometer. Die Größe C_v ist der „Voltempfindlichkeit" umgekehrt proportional.

Zunächst sieht man, daß bei gleichen Werten von w, $\mathfrak{T}$ und D die Empfindlichkeit um so größer wird (C_v also um so kleiner), je kleiner das Verhältnis w_k/w und $p_0/2\,\mathfrak{T}\,D$ ist, d. h. je kleiner das Verhältnis des Klemmenwiderstands zum äußeren Widerstand und je kleiner die Dämpfung im offnen Stromkreis ist. Für $w_k = 0$ und $p_0 = 0$ erreicht die Empfindlichkeit einen Maximalwert und es wird dann

$$C_v = \sqrt{\frac{w\,D}{2\,\mathfrak{T}}} \quad \text{. . . . . 8)}$$

Die wirklich vorhandene Empfindlichkeit ist stets nur ein mehr oder minder großer Bruchteil dieser maximalen Empfindlichkeit.

Abgesehen von den beiden Faktoren, welche die erreichbare Empfindlichkeit verringern, nämlich von

$$\alpha = \sqrt{1 - \frac{p_0}{2\,\mathfrak{T}\,D}} = \sqrt{1 - \sqrt{\frac{\Lambda_0^2}{\pi^2 + \Lambda_0^2}}}\ ^{2)} \quad \text{. . . . . . 9)}$$

[1]) K Trägheitsmoment, D Direktionskraft, p Dämpfungskonstante, p_0 dieselbe Konstante im offnen Stromkreis, q ($= H \cdot f$) dynamische Galvanometerkonstante (Feldstärke × Windungsfläche), τ Schwingungsdauer (halbe Periode) im ungedämpften Zustand. Ist φ der Ausschlagswinkel, t die Zeit, $\vartheta = t/\mathfrak{T}$, so gilt für den Grenzzustand die Differentialgleichung

$$\frac{d^2\varphi}{d\vartheta^2} + 2\,\frac{d\varphi}{d\vartheta} + \varphi = \psi(\vartheta).$$

[2]) Unter Berücksichtigung der Beziehung $p_0/2K = \Lambda_0/T_0$ und der Gl. 3) erhält man nämlich

$$p_0/2\,\mathfrak{T}\,D = \sqrt{\frac{\Lambda_0^2}{\pi^2 + \Lambda_0^2}}.$$

und

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{w_k}{w}}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 10)$$

hängt nach Gl. 8) bei gegebenen Werten von $\mathfrak{T}$ und w die Empfindlichkeit nur noch ab von der Direktionskraft D, deren Wurzel sie umgekehrt proportional ist. Es kommt also bei diesen Galvanometern vor allem darauf an, die Direktionskraft so klein zu wählen, wie es aus technischen Gründen und wegen der Güte der Nullage zulässig ist.

Im folgenden soll nun der Einfluß der einzelnen Faktoren auf die Empfindlichkeit an der Hand praktischer Beispiele näher betrachtet werden.

Zunächst mögen aber noch die Formeln zur Berechnung der Konstanten eines Drehspulengalvanometers (K, D, q, p_0) aus den Größen $W, \mathfrak{T}$[1]) und dem Reduktionsfaktor C zusammengestellt werden.

1. *Formeln zur Berechnung der Galvanometerkonstanten.* Bedeuten T_0 und Λ_0 die Schwingungsdauer und das logarithmische Dekrement im offnen Stromkreis, so erhält man unter Beachtung von Gl. 4), 5), 9)

$$\left.\begin{aligned} q &= \qquad\;\; 2\,\mathfrak{T}\,WC\cdot\alpha^2 \\ D &= Cq \quad\;\; = 2\,\mathfrak{T}\,WC^2\cdot\alpha^2 \\ K &= \mathfrak{T}^2 D \quad = 2\,\mathfrak{T}^3 WC^2\cdot\alpha^2 \\ p_0 &= 2K\frac{\Lambda_0}{T_0} = 4\,\mathfrak{T}^3 WC^2\cdot\alpha^2\frac{\Lambda_0}{T_0} = 4\,\mathfrak{T}^2\, WC^2\alpha^2(1-\alpha^2)\ ^{2)} \end{aligned}\right\} \quad .\ .\ 11)$$

Der Faktor α wird 1 für $p_0 = 0$. Statt C kann man in die Formeln auch C_v/W einführen und die durch jeden Wertkomplex $\mathfrak{T}, W, C_v$ bestimmten Größen q, D, K auf diese Weise berechnen. Die Feldstärke H bezw. Windungsfläche f werden durch die Festsetzung von $W, \mathfrak{T}$ und C_v nicht einzeln bestimmt, sondern nur das Produkt beider $q = H \cdot f$. Die Vergrößerung der Feldstärke allein vermehrt bekanntlich die Stromempfindlichkeit des Instruments proportional dieser Vergrößerung, während der „Grenzwiderstand" W mit dem Quadrat der Feldstärke wächst (Gl. 1)); die Voltempfindlichkeit wird deshalb proportional der Feldstärke verringert.

2. *Einfluſs der Dämpfung im offnen Stromkreis auf die Empfindlichkeit.* Die Dämpfung im offnen Stromkreis verringert die Empfindlichkeit des Instruments um den Faktor α der Gl. 9).

Dieser war

$$\alpha = \sqrt{1 - \sqrt{\frac{\Lambda_0^2}{\pi^2 + \Lambda_0^2}}}.$$

Die Verringerung der Empfindlichkeit durch den Faktor α ist also allein bestimmt durch das logarithmische Dekrement Λ_0 bezw. das Dämpfungsverhältnis k_0 im offnen

[1]) Diese Größen können entweder direkt beobachtet werden, oder man benutzt zu ihrer Berechnung die Formeln

$$\mathfrak{T} = \frac{T_0}{\sqrt{\pi^2 + \Lambda_0^2}}, \qquad W = w'\cdot\frac{\frac{\Lambda}{T} - \frac{\Lambda_0}{T_0}}{\frac{\sqrt{\pi^2+\Lambda_0^2}}{T_0} - \frac{\Lambda_0}{T_0}},$$

wo T und Λ die Schwingungsdauer und das logarithmische Dekrement für einen Gesamtwiderstand w' ($w' > W$) bedeuten. T_0 und Λ_0 bezeichnen die entsprechenden Größen für den offenen Stromkreis.

[2]) da $\mathfrak{T}\,\Lambda_0/T_0 = \Lambda_0/\sqrt{\pi^2 + \Lambda_0^2} = 1 - \alpha^2$ ist.

Stromkreis. In der folgenden Tab. I sind einige zusammengehörige Werte von a, Λ_0 und k_0 ($= e^{\Lambda_0}$) neben einander gestellt.

Tabelle I.

a	Λ_0	k_0
1,0	0	0
0,9	0,61	1,8
0,8	1,21	3,3
0,7	1,86	6,4
0,6	2,62	13,7
0,5	3,56	35,2
0	∞	∞

Die Größe Λ_0 ist für größere Werte von a nahe linear. Wie man aus der Tabelle sieht, kann die Dämpfung im offnen Stromkreis schon recht erheblich sein, ohne daß man allzuviel an Empfindlichkeit verliert; erst bei einem Dämpfungsverhältnis von etwa 35 wird sie auf die Hälfte herabgedrückt, während der Faktor a für ein Dämpfungsverhältnis von 3,4 erst 0,8 beträgt. Für das Arbeiten mit den Drehspulengalvanometern ist es angenehm, wenn auch im offnen Stromkreis eine nicht zu geringe Dämpfung vorhanden ist, wofür man den kleinen Verlust an Empfindlichkeit gern in Kauf nehmen wird.

Für die in der früheren Mitteilung betrachteten Galvanometer Nr. 1, 2, 3 der Firma Siemens & Halske A.-G. in Berlin (*a. a. O. S. 267*) wurden folgende Werte für Λ_0 und a gefunden:

Nr.	1	2	3
Λ_0	1,92	0,21	1,14
a	0,69	0,97	0,81

Bei Nr. 1 ist das Dämpfungsverhältnis beinahe 7, wodurch die Empfindlichkeit also auf etwa 0,7 der maximal mit diesem Galvanometer erreichbaren Empfindlichkeit herabgedrückt wird. Die Dämpfung wird bei diesen Galvanometern durch die im Rahmen erzeugten Wirbelströme hervorgerufen. Der Rahmen ist aufgeschlitzt und der Spalt durch einen Widerstand überbrückt. Bei Unterbrechung dieses Widerstandes betrug das logarithmische Dekrement nur noch 0,1. Man hat es also hier ganz in der Hand, eine etwas kleinere Dämpfung herzustellen; doch ist der Verlust an Empfindlichkeit auch in diesem Fall noch nicht sehr erheblich.

Die Vergrößerung der Dämpfung p_0 im offenen Stromkreis allein bei ungeänderten Werten von q, K und D bewirkt nach Gl. 1) eine Vergrößerung des Grenzwiderstandes W und damit auch des äußeren Widerstandes w, da in diesem Fall auch der Klemmenwiderstand ungeändert bleibt.

3. *Einfluß des Klemmenwiderstandes auf die Empfindlichkeit.* Der Klemmenwiderstand w_k verringert die Empfindlichkeit um den Faktor β der Gl. 10); es war

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{w_k}{w}}},$$

wo w den äußeren Widerstand im aperiodischen Grenzfall bezeichnet.

In der folgenden Tab. II sind einige Werte von β und w_k/w zusammengestellt.

Tabelle II.

β	$\frac{w_k}{w}$
1,0	0
0,9	0,235
0,8	0,562
0,7	1,04
0,6	1,78
0,5	3,00

Die Empfindlichkeit wird also erst auf die Hälfte herabgedrückt, wenn $w_k = 3\,w$ ist, während für $w_k = w$ z. B. der Faktor nur etwa 0,7 beträgt.

Bei den oben angeführten Instrumenten wurden folgende Werte gefunden:

Nr.	1	2	3
w_k/w	0,45	0,20	0,03
w	40	600	10 000 Ohm
β	0,83	0,91	0,99

Bei keinem dieser Instrumente wird also die Empfindlichkeit durch den Klemmenwiderstand erheblich herabgedrückt. Für Galvanometer mit großem äußeren Widerstand ist das Verhältnis w_k/w leicht klein genug zu machen, schwieriger wird dies erst für kleine äußere Widerstände, da in diesem Fall die Spule und die Zuleitungen relativ größeren Widerstand besitzen.

Der Klemmenwiderstand des Galvanometers setzt sich zusammen aus dem Spulenwiderstand und dem Widerstand der Zuleitungen (Aufhängedraht und untere Spirale). Der Widerstand der Zuleitungen nimmt in dem Maße zu, als die Direktionskraft durch Querschnittsverringerung der Zuleitungen verkleinert wird, und hängt außerdem von der Leitfähigkeit des Materials ab. Dieser Widerstand hat bei kleinem Grenzwiderstand naturgemäß einen prozentisch höheren Wert, als bei größeren Widerständen. Der Spulenwiderstand hängt außer von der Leitfähigkeit des Materials und von dem Querschnitt des zur Spule benutzten Drahtes von der Windungsfläche f bezw. von der Windungszahl ab. Diese Fläche kann aber, ohne daß die Empfindlichkeit geändert wird, um so kleiner sein, je größer die Feldstärke H gemacht wird, da $q = H \cdot f$ ist. Durch eine Vergrößerung der Feldstärke würde man also den Spulenwiderstand (und dadurch auch den Klemmenwiderstand) herabdrücken und die Empfindlichkeit etwas erhöhen können; aber wie die Beispiele zeigen, kommt der dadurch erzielte Gewinn meist kaum in Betracht. Von Vorteil würde eine große Feldstärke hauptsächlich dann sein, wenn es darauf ankäme, eine möglichst kleine Schwingungsdauer zu erzielen, da ja auch das Trägheitsmoment von der Anzahl der Windungen abhängt. Daß man dann gleichzeitig der Spule eine langgestreckte Form geben würde, um bei einer gegebenen Windungsfläche ein möglichst kleines Trägheitsmoment zu erzielen, ist selbstverständlich. Doch nimmt bei einer Verkleinerung der Schwingungsdauer um den Faktor n die Empfindlichkeit im Verhältnis $\sqrt{n}$ ab (Gl. 8)); daran ist durch keine Veränderung der Feldstärke, Windungsfläche u. s. w. etwas zu ändern.

4. *Direktionskraft.* Wie wir gesehen haben (Gl. 8)), hängt bei gegebenen Werten von w und $\mathfrak{T}$ die Empfindlichkeit der Spulengalvanometer, abgesehen von den

Faktoren α und β (Gl. 9)), nur noch ab von der Größe der Direktionskraft. Die Empfindlichkeit ist der Wurzel dieser Größe umgekehrt proportional:

$$C_v = \sqrt{\frac{w}{2\mathfrak{T}} \cdot D}\ .$$

Die Faktoren α und β sind bei den hier betrachteten Instrumenten verhältnismäßig klein, sodaß im ungünstigsten Fall (Galv. Nr. 1) die Empfindlichkeit auf 0,57 der maximal mit der betreffenden Direktionskraft erreichbaren herabgedrückt wird. In der Tab. III sind für die betrachteten drei Galvanometer die Direktionskräfte und die anderen hier interessierenden Größen zusammengestellt (vgl. Gl. 11)).

Tabelle III.

Nr.	1	2	3	Einheit
D	2,6	0,7	0,9	$g\ cm^2\ t^{-2}$
K	2,9	2,4	4,3	$g\ cm^2$
q	$4{,}2 \times 10^5$	13×10^5	52×10^5	$g^{1/2}\ cm^{3/2}\ t^{-1}$
w	40	600	10 000	Ohm
$\mathfrak{T}$	1,1	1,9	2,2	Sekunden
α	0,69	0,97	0,81	
β	0,83	0,91	0,99	
$\alpha\beta$	0,57	0,88	0,80	

Die größte Empfindlichkeit läßt sich also mit Nr. 2 erzielen, das die kleinste Direktionskraft besitzt, doch steht ihm Nr. 3 unwesentlich nach, während Nr. 1, auf dieselben Werte von W und $\mathfrak{T}$ umgerechnet, nur etwa die Hälfte der Empfindlichkeit zu erreichen gestattet. Da der Spulenrahmen bei diesen Instrumenten allein etwa ein Trägheitsmoment von $2\ g\ cm^2$ hat, so kann man bei Nr. 2 für $\mathfrak{T}$ keinen kleineren Wert als etwa 1,7 Sek. ($\tau = 5{,}2$ Sek.) erreichen.

Bei den nach den Angaben von Ayrton und Mather konstruierten englischen Instrumenten ist kein Rahmen vorhanden, sodaß hier kleinere Schwingungsdauern zu erzielen sind, was für manche Zwecke erwünscht sein kann. Bei einem untersuchten Instrument dieser Art war indes die Direktionskraft nur unwesentlich geringer, als bei Nr. 2, sodaß die auf gleichen Widerstand und gleiche Schwingungsdauer berechnete maximale Empfindlichkeit diejenige der hier besprochenen Instrumente so gut wie nicht übertrifft.

Wie weit es möglich sein wird, durch Verringerung der Direktionskraft die Empfindlichkeit zu erhöhen, muß noch dahingestellt bleiben. Es ist dabei zu bedenken, daß C_v nur mit der Wurzel von D zunimmt, daß man also bald zu sehr kleinen Dimensionen kommt, wenn man die Empfindlichkeit noch erheblich steigern will.

Nehmen wir nach den vorstehenden Betrachtungen an, daß der kleinste praktisch brauchbare Wert von D zur Zeit $0{,}5\ g\ cm^2\ t^{-2}$ beträgt, so erhalten wir als Minimalwert von C_v für gegebene Werte von w und $\mathfrak{T}$

$$C_v = \sqrt{\frac{w}{\mathfrak{T}} \cdot 0{,}5} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 12)$$

Dadurch würde also die zur Zeit erreichbare maximale Empfindlichkeit der Drehspulengalvanometer gegeben sein.

5. *Empfindlichkeit.* Die Gl. 12) bedeutet, daß bei der angenommenen Direktionskraft für $w = 1$ *C.G.S.* ($= 10^{-9}$ Ohm) und $\mathfrak{T} = 1$ Sek. (oder $\tau = \pi$ Sek.) eine Spannung von

mindestens 0,5 *C.G.S.* ($= 0{,}5 \cdot 10^{-8}$ Volt) erforderlich ist, um im aperiodischen Grenzfall der Spule des Galvanometers den Ausschlag 1 ($= 57{,}3^0$) zu erteilen.

Im Anschluß an die bei den Nadelgalvanometern üblichen Angaben sei die Voltempfindlichkeit des Drehspulengalvanometers hier definiert als derjenige Ausschlag in Skalenteilen, welcher der Spule im aperiodischen Grenzfall durch die Spannung von 1 Mikrovolt erteilt wird, wenn der Abstand der Skale vom Spiegel des Instruments 2000 Skalenteile beträgt.

Wird diese Empfindlichkeit V genannt und der *Widerstand in Ohm* angegeben, so erhält man

$$V = \frac{80}{\sqrt{10}} \cdot \sqrt{\frac{\mathfrak{T}}{\mathfrak{w}}} = 25{,}3 \sqrt{\frac{\mathfrak{T}}{\mathfrak{w}}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 13)$$

worin der in Ohm ausgedrückte äußere Widerstand mit $\mathfrak{w}$ bezeichnet ist. Für $\mathfrak{w} = 1$ Ohm und $\mathfrak{T} = 1$ Sek. ($\tau = 3{,}14$ Sek.) erhält man also durch 1 Mikrovolt einen Ausschlag von 25,3 Skalenteilen.

6. *Vergleichung mit den Nadelgalvanometern.* Wenn man die Empfindlichkeit der Drehspulengalvanometer mit derjenigen von Nadelgalvanometern vergleichen will, so ist zweierlei zu beachten.

Erstens ist bei Drehspulengalvanometern die Empfindlichkeit proportional der Wurzel aus der Schwingungsdauer, während bei den Nadelgalvanometern die Empfindlichkeit mit dem Quadrat der Schwingungsdauer zu- und abnimmt. Die Vergleichung fällt also ganz verschieden aus, je nach der Schwingungsdauer, für welche diese angestellt wird. Ist z. B. bei einer Schwingungsdauer von 10 Sek. (ganze Periode) ein bestimmtes Nadelgalvanometer 10-mal so empfindlich als ein damit verglichenes Drehspulengalvanometer, so sind die Empfindlichkeiten beider für etwa 2 Sek. Schwingungsdauer schon gleich. Deshalb ist es auch günstig, für Galvanometer mit kleiner Schwingungsdauer, soweit sich dies durch eine Verringerung des Trägheitsmoments erreichen läßt, Drehspulengalvanometer zu wählen. Zweitens ist zu beachten, daß bei Nadelgalvanometern, wenigstens wenn man von der Umspinnung der Drähte absieht, die größte Empfindlichkeit erreicht wird, wenn der Widerstand des Galvanometers gleich demjenigen des äußeren Schließungskreises ist. Ist also die Stromempfindlichkeit[1]) des Nadelgalvanometers S, sein Klemmenwiderstand $\mathfrak{w}$ (in Ohm), so ist seine günstigste Voltempfindlichkeit unter den vorstehenden Annahmen gegeben durch

$$V = \frac{S}{2\,\mathfrak{w}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 14)$$

Ein Drehspulengalvanometer würde also dasselbe leisten, wie ein Nadelgalvanometer von der doppelten Stromempfindlichkeit, falls dessen Ruhelage gerade so gut ist und es auch aperiodisch gedämpft ist. Wenn es weniger gedämpft wäre, müßte man, um dieselbe Einstellungszeit zu erzielen, ein Nadelgalvanometer von kleinerer Schwingungsdauer wählen, dann würden sich die Verhältnisse für das Drehspulengalvanometer noch wesentlich günstiger gestalten. Die Empfindlichkeit der Nadelgalvanometer pflegt auf einen Klemmenwiderstand von 1 Ohm umgerechnet zu werden, um sie allgemeiner vergleichbar zu machen, die Voltempfindlichkeit beträgt dann also die Hälfte dieser Zahl.

Für das Drehspulengalvanometer war als größte zur Zeit erreichbare Voltempfindlichkeit angegeben $V = 25{,}3 \sqrt{\mathfrak{T}/\mathfrak{w}}$. Wird für $\mathfrak{T}$ die halbe Schwingungsdauer

[1]) Dieselbe ist ganz analog wie die Größe V definiert, als der Ausschlag in Skalenteilen für 1 Mikroampere unter denselben Bedingungen.

im ungedämpften Zustand $\tau = \pi \mathfrak{T}$ eingeführt, und die auf 1 Ohm bezogene Voltempfindlichkeit $\mathfrak{B}$ genannt, so erhält man

$$\mathfrak{B} = 14{,}3 \sqrt{\tau} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 15)$$

Von Nadelgalvanometern kommen zur Zeit wegen der Störungen durch elektrische Starkströme eigentlich nur die magnetisch geschützten Galvanometer in Betracht. Besonders kann man hier davon absehen, die Galvanometer mit ganz exzeptioneller Empfindlichkeit, die nur in einzelnen Exemplaren existieren, zum Vergleich heranzuziehen, da sie nur unter besonders günstigen Umständen zu gebrauchen sind. Schon bei den käuflichen Nadelgalvanometern sind die leichtesten Systeme häufig mit einer so großen Unruhe des Nullpunktes behaftet, daß man ihre größere Empfindlichkeit, auch wenn die Galvanometer aufgehängt sind, nur selten ausnutzen kann.

Das bekannte Kugelpanzergalvanometer von du Bois und Rubens hat nach deren Angaben[1]) eine *normale* Stromempfindlichkeit (für $\mathfrak{w} = 1$ Ohm und $\tau = 5$ Sekunden) von

$\mathfrak{S} = 80$ für das schwere System
„ $= 800$ „ „ leichte „ .

Daraus ergibt sich die Voltempfindlichkeit

$\mathfrak{B} = 1{,}6\, \tau^2$ für das schwere System
„ $= 16\, \tau^2$ „ „ leichte „ .

Es hängt nun von unserem Belieben ab, bei welchem Wert von τ die Galvanometer verglichen werden sollen. Wählt man, wie es bei den Nadelgalvanometern meist geschieht, $\tau = 5$ Sek., so kommt die Empfindlichkeit des Drehspulengalvanometers bei günstiger Konstruktion (kleinen Faktoren α und β) schon nahe an die des Kugelpanzergalvanometers mit schwerem System heran, für $\tau = 1$ Sek. wäre es diesem erheblich überlegen[2]).

Man kann also jedenfalls nicht allgemein sagen, daß das Nadelgalvanometer wesentlich empfindlicher sei, als das Drehspulengalvanometer; für größere Schwingungsdauern von einigen Sekunden ist es diesem allerdings zur Zeit noch überlegen. Doch ist man bei dem Drehspulengalvanometer wohl noch nicht an der Grenze der Leistungsfähigkeit angelangt, wenn man auch anerkennen muß, daß die zur Zeit erhältlichen Instrumente z. T. recht günstig konstruiert sind und daß für die Beurteilung der Empfindlichkeit noch die Güte der Nullage in Betracht gezogen werden muß, die bei den Drehspulengalvanometern bekanntlich eine sehr gute ist.

Über neue Glasarten von gesteigerter Ultraviolett-Durchlässigkeit.

Von
Dr. **E. Zschimmer** in Jena.
(Mitteilung aus dem Glaswerk Schott & Gen.)

Die ultravioletten Strahlen, deren Verwertung für wissenschaftliche und technische Zwecke, teils wegen ihrer chemischen und physiologischen Wirkung, teils aus theoretisch-optischen Gründen, so aussichtsvoll erscheint, werden bekanntlich von den meisten durchsichtigen Körpern stark absorbiert. Selbst die für das Auge farblosesten optischen Gläser erwiesen sich als so wenig durchlässig, daß ihre Verwendbarkeit zu Linsen und Prismen für Versuche mit ultravioletten Strahlen bisher ausgeschlossen war.

---

[1]) du Bois und Rubens, *diese Zeitschr.* **20.** *S. 77. 1900; Ann. d. Physik* **2.** *S. 84. 1900.*

[2]) Um beim Drehspulengalvanometer eine so kleine Schwingungsdauer zu erhalten, müßte aber bei der angenommenen Direktionskraft das Trägheitsmoment etwa $K = 0{,}05$, also schon recht klein sein.

Die *Ultraviolett-Durchlässigkeit* der besten Krongläser — in 1 *cm* Dicke — hört etwa bei der Wellenlänge 305 $\mu\mu$ auf. Flintgläser absorbieren aber schon die größeren Wellen bis in den sichtbaren Teil des Spektrums hinein, und zwar nimmt die Absorption mit dem Bleigehalt und damit bei den gewöhnlichen Flinten auch proportional dem Brechungsvermögen des Glases rasch zu[1]).

So war man schließlich zur Anfertigung von ultraviolett-durchlässigen Linsen und Prismen auf *Quarz* und *Flufsspat* angewiesen. Diese Mineralien sind zwar ideal-durchlässige Medien für Ultraviolett, aber praktisch kommen sie für die allgemeinere Verwendung in größeren Dimensionen nicht in Betracht. Nicht viel besser steht es um die Aussichten, aus geschmolzenem Bergkrystall brauchbare, d. h. *optisch homogene* Stücke von größeren Dimensionen herzustellen. Denn es ist, wie die Versuche des Hrn. Dr. Herschkowitsch[2]) in Jena gezeigt haben, vorläufig nicht möglich, über 5 *cm* Durchmesser der Linsen hinauszukommen, sodaß an eine Verwertung des ultraviolett-durchlässigen „Quarz-Glases" für optische Zwecke *in gröfserem Mafsstabe* ebenfalls nicht zu denken ist.

Es lag nun wohl nichts näher als der Versuch, ultraviolett-durchlässige *Glasarten* herzustellen, und zwar mußte man zunächst vermuten, durch geeignete Wahl der chemischen Zusammensetzung neue Glasarten zu finden, welche eine geringere Absorption zeigten. Die in dieser Richtung vor bereits sieben Jahren von Schott unternommenen Versuche hatten jedoch, wie die Messungen von Schumann ergaben, in dieser Hinsicht ein negatives Resultat: Es zeigte sich, daß eine Reihe nach dem gewöhnlichen Verfahren hergestellter Versuchsgläser der verschiedensten chemischen Zusammensetzungen ebenso undurchlässig waren, als die damals bereits bekannten Glasarten. Da aber der Mangel an ultraviolett-durchlässigeren Glasarten besonders für die Optik immer fühlbarer wurde, so habe ich vor zwei Jahren im Jenaer Glaswerk die Versuche wieder aufgenommen, ultraviolett-durchlässige Glasarten zu erzeugen. Das Resultat dieser Versuche war in der Tat *ein Verfahren, nach welchem sich verschiedene optische Glassorten in grofsem Mafsstabe herstellen lassen, die für Ultraviolett erheblich durchlässiger sind, als die besten bisher bekannten Gläser.*

Während die bisher bekannten Glassorten, wie ich oben erwähnte, schon Strahlen von etwa der Wellenlänge 305 $\mu\mu$ in 1 *cm* Dicke so gut wie vollständig absorbieren, lassen unsere durchlässigeren Gläser, wie die genauere Messung der Absorption ergibt, noch etwa 50% von der ursprünglichen Intensität (nach Abzug der reflektierten Strahlung) bei dieser Wellenlänge durch 1 *cm* Glasschicht hindurch.

Je kürzer freilich die Wellenlänge, desto stärker auch die Absorption. So ist bei der Wellenlänge 280 $\mu\mu$, welche der Magnesiumfunke so intensiv ausstrahlt[3]), ein gewöhnliches Glas schon in 1 *mm* Dicke fast völlig undurchlässig, während unsere neuen Gläser bei dieser Dicke immer noch die Hälfte der Intensität von 280 $\mu\mu$ durchlassen.

Die verschiedenen Glasarten, welche bis jetzt „*ultraviolett-durchlässig*" dargestellt wurden, sind im folgenden mit Angabe der optischen Eigenschaften im sichtbaren Teil aufgeführt.

---

[1]) H. A. Krüss, Die Durchlässigkeit einer Anzahl Jenaer optischer Gläser für ultraviolette Strahlen. *Diese Zeitschr.* **23.** *S. 197. 1903.* A. Pflüger, Das Absorptionsvermögen einiger Gläser im photographisch wirksamsten Teile des Spektrums. *Ann. d. Physik* **11.** *S. 561. 1903.*

[2]) Hr. Dr. Herschkowitsch wird voraussichtlich demnächst seine Resultate veröffentlichen.

[3]) Einen vollständigen Apparat zur Erzeugung von *Magnesium-Funkenlicht* liefert die Firma Max Kohl in Chemnitz. Für das dem sichtbaren Teil zunächst liegende Ultraviolett leistet die *Eisenlampe* von Reiniger, Gebbert & Schall in Erlangen gute Dienste.

Neue Glasarten von gesteigerter Ultraviolett-Durchlässigkeit („U. V.-Gläser")[1].

Bezeichnung	N_D	$(F-C)\,10^5$	$\frac{N_D-1}{F-C}=\nu$
U. V.-Kron 3199	1,503	781	64,4
U. V.-Flint 3248	1,533	963	55,4
U. V.-Flint 3492	1,533	968	55,2
Schwerstes U. V.-Flint S. 249 .	1,653	1270	51,4

Der Grad der Durchlässigkeit dieser „U. V.-*Gläser*" ist zwar unter einander verschieden, alle sind jedoch erheblich durchlässiger als die bestdurchlässigen bisher bekannten Glassorten. Aus den Spektrogrammen der nebenstehenden Tafel[2]) ist die Durchlässigkeit der neuen Gläser im Vergleich mit den bisher bekannten Glasarten ersichtlich (Fig. 1 bis 4).

Da es für manche Zwecke[3]) erwünscht sein wird, den sichtbaren Teil des Spektrums möglichst auszuschließen, so haben wir auch versucht, ein Glas herzustellen, welches, bei möglichst starker Schwächung der längeren Wellen, nur Strahlen von kurzer Wellenlänge gut durchläßt. Das Spektrogramm eines solchen Glases auf dem Baryumplatincyanür- oder Uranglas-Fluoreszenzschirm läßt erkennen, daß es bei 1 *mm* Ultraviolett von 280 $\mu\mu$ gut durchläßt, während zugleich der sichtbare Teil bis zum Blau absorbiert wird. Dieses Glas bildet also ein *Filter für die photographischen Strahlen.* Im durchfallenden Tageslicht erscheint es intensiv dunkelviolett (in 1 *mm*), wir bezeichnen es daher als „*Violett-U. V.-Glas*" (Fabriknummer: 786^{III}).

Daß die gesteigerte Durchlässigkeit der neuen Jenaer „U.V.-*Gläser*" für *astronomische Zwecke* von Bedeutung sein wird, zeigten bereits einige von Hrn. Dr. Villiger in Jena ausgeführte astrophotographische Versuchsaufnahmen des Sternhimmels durch ein Objektiv (Aplanat, 120 *mm* Öffnung) aus gewöhnlichen Gläsern und aus dem neuen „U.V.-Kron" und „U.V.-Flint". Diese Aufnahmen ergaben, daß das durchlässigere Objektiv in der Tat eine erheblich größere Anzahl von Sternen und feinere Details liefert[4]).

Die von Hrn. Dr. Villiger erhaltenen Resultate sind kurz folgende:

Datum Juni 1903	Exposit.-Zeit in Min.	Leitstern	Sternzahlen erhalten durch U.V.-Aplanat	Sternzahlen erhalten durch Apochromat. Aplanat aus gewöhnl. Glasarten	Anzahl der ausgezählten *qcm* der Platte	Gewinn in „Größen-Klassen"
						m =
16.	30,0	α Ursae minoris	359	264	16	0,53
18.	25,0	γ Cephëi	335	225	4	0,49
„	62,5	γ Lyrae	619	351	4	0,61
25.	20,0	ζ Cephëi	599	343	16	0,61

Für *Lichtheilzwecke* wurde das „U.V.-Kron" 3199 bereits in Amerika, *angeblich* mit bestem Erfolg, verwendet zu Kondensorlinsen für die Konzentration des wirksamen Lichtes von besonderen Bogenlampen auf kranke Körperstellen, sowie für Wasser-Kühlbäder in Form von dünnen, geschliffenen Platten.

Die Fabrikation von farblosem und violettem U.V.-Glas in Form von *Fensterglas* und *Deckglas* wird demnächst seitens des Jenaer Glaswerks in Angriff genommen.

[1]) Außer diesen hier aufgeführten Typen lassen sich auch Glasarten anderer „optischer Lage" von gesteigerter Durchlässigkeit herstellen.

[2]) Aufgenommen mit einem Quarz-Flußspat-Spektrographen von Hrn. Dr. Hencker bei C. Zeiss. Lichtquelle: Erwärmte *Quecksilber-Wasserstoffröhre* (mit Quarzfenster).

[3]) z. B. für bakteriologische Untersuchungen.

[4]) Hr. Dr. Villiger wird seine Resultate demnächst in dieser Zeitschrift veröffentlichen.

Fig. 1. Gewöhnl. Gläser im Vergleich mit U.V.-Glas.
(10 *mm* Glasdicke.)

1. U.V.-Kron.
2. Jenaer Borosilikat-Kron.
3. Englisches „ „
4. Französisches „ „
5. Gewöhnliches Flint.
6. Schwer-Flint.

Fig. 2. Deckgläser von gleicher Dicke aus gewöhnl. Glas u. U.V.-Glas.

1. Gewöhnliches Glas.
2. U.V.-Glas.

Fig. 3. U.V.-Gläser verglichen mit gewöhnl. Flint u. Borosilikat-Kron.
(2 *mm* Glasdicke.)

1. U.V.-Flint 3248.
2. U.-V.-Kron 3199.
3. Schwerstes U.V.-Flint S. 249.
4. Gewöhnliches Flint 103.
5. Englisches Borosilikat-Kron.

Fig. 4. Kombination von Kron und Flint.
(10 + 10 *mm* Glasdicke.)

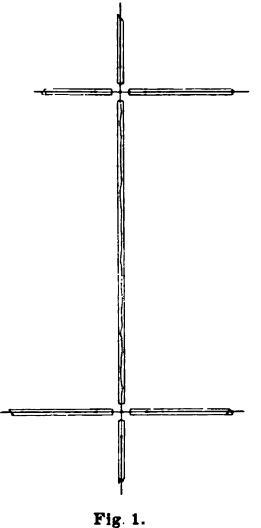
1. U.V.-Kron 3199 und U.V.-Flint 3248.
2. U.V.-Kron 3199 „ Schwerstes U.V.-Flint S. 249.
3. Borosilikat-Kron „ gewöhnl. Flint.

Über ein Platinthermometer.

Von
M. Thiesen.
(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

In den Jahren 1893 und 1894 wurde von mir ein Platinthermometer konstruiert und in mehreren Exemplaren ausgeführt, dessen Beschreibung auch heute noch von Interesse sein dürfte. Es handelte sich darum, einem gut definierten Platinwiderstand eine solche Form zu geben, daß er bei gleicher Empfindlichkeit ebenso leicht wie das Gefäß eines Quecksilberthermometers in die Räume, deren Temperatur gemessen werden sollte, eingeführt werden konnte. Seine Vorzüge vor dem Quecksilberthermometer bestanden dann, wie man hoffte, darin, daß die Schwierigkeiten fortfielen, welche die Ablesung, die Bestimmung der Skalentemperatur und namentlich auch die unmittelbar auf die Messung folgende Eispunktsbestimmung bei diesem oft bieten. Beabsichtigt war zunächst die Verwendung bei Temperaturen bis 200°; die angestrebte Genauigkeit war 0,001°.

Zur Verwendung kam der reinste[1]) damals erhältliche Platindraht von W. C. Heraeus in Hanau, etwa 0,056 *mm* stark. Über diesen Draht wurden zunächst eine bis zu 1 *m* lange 1 bis 2 *mm* starke dünnwandige Kapillare aus dem Jenaer Thermometerglas 16^{III} und dann nahe den Enden der Kapillare Schlingen aus demselben Draht geschoben. Nach Zuziehung der Schlingen wurden die Knoten geschweißt oder mit Gold verlötet. Der Draht zwischen den Schlingen bildete den Widerstand, die Zuleitungen spielten keine Rolle mehr, wie es bei den bisherigen Konstruktionen von Widerstandsthermometern der Fall gewesen war; sie konnten daher so dünn gewählt werden, daß ihre Wärmeleitung nicht wesentlich in Betracht kam.


Fig. 1.

An die erhaltenen sechs Platinenden wurden nun mit Seide übersponnene[2]) Kupferdrähte von 0,2 *mm* Durchmesser angeschmolzen und darüber dünne Glasröhren von der Länge geschoben, die der Stiel des fertigen Thermometers erhalten sollte. Dies Stadium der Anfertigung ist in Fig. 1 dargestellt.

Hierauf wurden die vier bei den Lötstellen zusammenstoßenden Enden der Glasröhren miteinander und mit dem Platindraht verschmolzen und die Glasröhren so zusammengebogen, daß die sechs Kupferdrähte dicht nebeneinander verliefen und auch der eigentliche Widerstand eine kompendiöse Form erhielt. Auf das Ende des so entstandenen Thermometers wurde eine Ebonitfassung mit sechs bezifferten Klemmen gekittet, an denen die Enden der sechs Zuleitungsdrähte befestigt wurden.

Da zwei von den Zuleitungen, die zur Anlegung eines Nebenschlusses dienen sollten, entbehrt werden konnten und das gleichzeitige Zusammenschmelzen der vier Glasröhren schwierig war, so wurde auch eine etwas abweichende Form mit nur vier Zuleitungen mit Hülfe von kapillaren T-Stücken ausgeführt, welche Hr. Glasbläser C. Richter in Berlin geliefert hatte. Hier lagen die Verzweigungsstellen frei

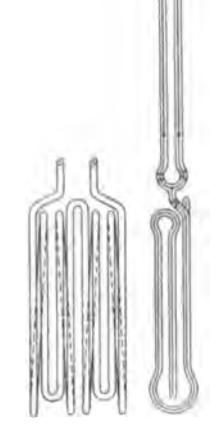
---

[1]) Der Widerstand bei 100° war 1,3488 des Widerstandes bei 0°.

[2]) Bei höhern Temperaturen wird man die Umspinnung ganz fortlassen oder auf das äußerste Ende beschränken.

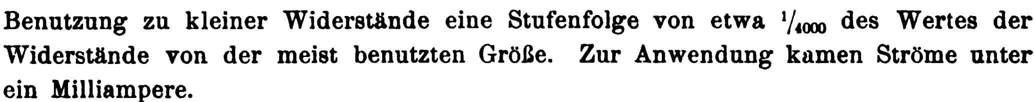
innerhalb der T-Stücke und es wurde nur immer je ein Ende der T-Stücke mit dem dicht herangeschobenen Glasrohr und dem Draht verschmolzen.

In Fig. 2 ist die endgültige Form eines auf die zuletzt angegebene Weise erhaltenen Thermometers, allerdings nicht in richtigen Verhältnissen, wiedergegeben. Der eigentliche Widerstand liegt hier in vier Schichten hinter einander, die ihrerseits zweimal umgebogen sind; die Länge des Widerstandes ist also auf nahe $^1/_{12}$ der ursprünglichen zurückgeführt.


Fig. 2.

Für die Anfertigung der Widerstände sehr wesentlich ist die Benutzung von kleinen, sehr heißen und sehr ruhigen Flammen; man erhält solche, wenn man Gas aus passend geformten Spitzen ausströmen läßt. Die Spitzen stelle ich aus ziemlich dickwandigen Glasröhren her. Ich lasse diese so zusammenfallen, daß das innere Lumen eine scharfe, aber nicht schlanke Spitze bildet, schneide sie nahe dem Spitzenende ab und stelle, wenn nötig, die Öffnung durch Anschleifen her oder erweitere sie dadurch. In einer aus solchen Spitzen brennenden nur wenige Millimeter langen Flamme kann man dünnen Platindraht schmelzen und Quarzfäden biegen.

Die Versuche mit den Platinthermometern habe ich anfangs mit Hrn. Sell, später gemeinsam mit Hrn. Scheel ausgeführt. Sie sind nicht zum Abschlusse gebracht worden, da sich zunächst einige Änderungen der Einrichtung als erwünscht ergaben und später die Aufgabe, der die Versuche dienen sollten, zurückgestellt werden mußte.

Es sei daher nur erwähnt, daß der Platinwiderstand nach Kohlrauschs Methode des übergreifenden Nebenschlusses durch einen sorgfältig etalonnierten Vergleichswiderstand bestimmt wurde, der aus neun hinter einander und sechs nur neben einander zu schaltenden Einzelwiderständen bestand. Die Widerstände schritten in beiden Serien nach Potenzen von zwei fort und man erreichte dadurch ohne 
Benutzung zu kleiner Widerstände eine Stufenfolge von etwa $^1/_{4000}$ des Wertes der Widerstände von der meist benutzten Größe. Zur Anwendung kamen Ströme unter ein Milliampere.



Bestimmung des Schwefelsiedepunkts.

Von
Rudolf Rothe in Charlottenburg.

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.)

Über die Siedetemperatur des Schwefels sind in neuerer Zeit einige genauere Messungen ausgeführt worden, deren gute Übereinstimmung über die Brauchbarkeit dieses Punktes als Fixpunkt für thermometrische Zwecke keinen Zweifel läßt. Schon vor mehreren Jahren haben Callendar und Griffiths[1]) auf diese Verwendbarkeit des Schwefelsiedepunkts hingewiesen und einen Siedeapparat angegeben, der besonders für die Bestimmung von Platinwiderstands-Thermometern mehrfach benutzt worden ist.

Im folgenden wird die Beschreibung eines dem erwähnten äußerlich ähnlichen Apparates gegeben, der seit einigen Jahren in der Physikalisch-Technischen Reichs-

[1]) *Phil. Trans.* **182.** *S. 119. 1891.*

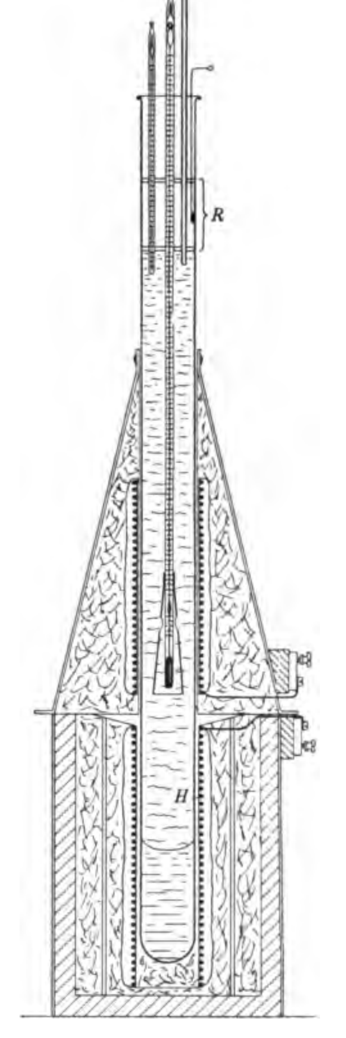
anstalt für Untersuchungen an Platinwiderständen, Thermoelementen und Quecksilberthermometern mit Erfolg verwendet wird. Mit diesem Apparat sind zwei Siedepunktsbestimmungen ausgeführt worden; die erste, mit hochgradigen Quecksilberthermometern beobachtet, liefert den Wert des Normalsiedepunkts

444,7°,

bezogen auf die den Prüfungen der hochgradigen Quecksilberthermometer an der Reichsanstalt zugrunde liegende gasthermometrische Skale[1]) mit einer *relativen* Genauigkeit von etwa ± 0,1°; die zweite Meßreihe, mit Le Chatelierschen Thermoelementen beobachtet, ergibt als Normalwert

445°,

bezogen auf die Holborn und Daysche gasthermometrische Skale[2]) mit einer relativen Genauigkeit von etwa ± 0,5°.



Siedeapparat. Der bei den Messungen benutzte Siedeapparat (s. die Figur) enthält, ähnlich wie der Callendar-Griffithssche[3]), eine am unteren Ende geschlossene Glasröhre von etwa 5 *cm* Durchmesser und 55 *cm* Länge, welche jedoch, damit sie aus dem Apparat leicht herausgenommen werden kann, nicht die von V. Meyer herrührende, unten kugelförmige Gestalt, sondern die eines einfachen Reagenzglases besitzt, und in welcher der Schwefel durch Erwärmen von außen zum Sieden gebracht wird. Die Erwärmung geschieht hier in der aus der Figur ersichtlichen Weise auf elektrischem Wege. Der Heizdraht *H* aus Nickel oder Konstantan ist auf einen Tonzylinder gewickelt, wie solche für galvanische Elemente im Handel zu haben sind, mit Chamotte isoliert und durch eine aus Asbestwolle bestehende Packung vor Wärmeabgabe möglichst geschützt. Der Heizdraht kann — wie es bei einem neueren Modell ausgeführt ist — auch durch eine Wickelung von Platinfolie zweckmäßig ersetzt werden. In den Zylinder, der in einer mit Asbest bekleideten Chamotteform steht, und auf dessen Boden etwas Asbestwolle gelagert ist, wird das den Schwefel enthaltende Rohr hineingestellt.

Auf dem unteren Heizkörper befindet sich ein kegelförmiger Aufsatz, welcher ebenfalls mit Asbestfaser gefüllt ist und als Wärmeschutz dient; auch er enthält eine auf einen Tonzylinder gewickelte Heizspule aus Konstantandraht, welche jedoch nur dazu dient, diesen Teil des Apparates vorzuwärmen und ein schnelleres Hochsteigen des Dampfes zu veranlassen. Während der Messung selbst ist sie aber ausgeschaltet,

---

[1]) Siehe den 5. Tätigkeitsbericht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Diese Zeitschr.* ***14.*** *S. 303. 1894.* Auf diese Skale hat auch A. Mahlke (*Wied. Ann.* ***53.*** *S. 965. 1894*) seine Messungen der scheinbaren Quecksilberausdehnung in hohen Temperaturen bezogen. Die Skale ist in einer Anzahl hochgradiger Normalthermometer festgelegt.

[2]) *Ann. d. Physik* ***2.*** *S. 520. 1900.*

[3]) *A. a. O. S. 141.*

damit die Angaben des Thermometers oder der Thermoelemente nicht durch Strahlungs-Einflüsse verfälscht werden.

Die elektrische Heizung hat auch hier mehrere Vorteile gegenüber der bis jetzt allgemein angewandten Gasheizung; erstens wird durch das langsame und gleichmäßige Erwärmen ein Zerspringen des Glasrohres besser vermieden, sodann aber ist es durch passende Veränderung der Stärke des Heizstromes möglich, die Höhe, in welcher die Schwefeldämpfe zu kondensieren beginnen, und damit die Eintauchtiefe der Instrumente in sehr weiten Grenzen zu variieren. Der letztere Umstand ist besonders bei der Verwendung eines Quecksilberthermometers von Wichtigkeit. Dieses wird von oben in den Apparat hineingeführt, sein Gefäß ist gegen herablaufenden Schwefel durch einen mehrfach durchbohrten Kegel aus dünnem Eisenblech geschützt, wie er bereits von andrer Seite für die Platinthermometer empfohlen wurde.

Als Verschluß des Siederohres hat sich besonders bei der Benutzung der Quecksilberthermometer folgende Einrichtung als nützlich erwiesen. Im oberen Teile des Rohres befindet sich ein nach oben und unten von passend durchbohrten Asbestscheiben begrenzter Raum R, in welchen der Quecksilberfaden des Thermometers nur wenige Grad hineinragt. Wenn die untere Asbestscheibe dicht schließt, so kann man den Schwefeldampf bis an sie heransteigen lassen, ohne daß Dämpfe oder erhebliche Niederschläge in den Raum R treten und die Ablesung der Quecksilberkuppe durch die Glaswand hindurch erschweren; geringere Niederschläge lassen sich durch einen Draht mit Asbestwolle wegwischen. Durch die Asbestscheiben, die übrigens in ihrer Lage durch zwei Eisendrähte gehalten werden, gehen noch nötigenfalls ein Mahlkesches Fadenthermometer sowie ein beiderseits offenes, etwa 5 *mm* weites Glasrohr, durch welches die Schwefeldämpfe mit der äußeren Atmosphäre kommunizieren können, ohne daß ihre Selbstentzündung zu befürchten steht. Gegen Verstopfung dieses Rohrs durch Schwefelblüte dient ein hindurchgeschobener Eisendraht.

Es ist noch auf einige Vorsichtsmaßregeln beim Gebrauch des Apparates hinzuweisen. Die von Chappuis und Harker[1]) hervorgehobene Schwierigkeit, welche die Zerbrechlichkeit des Siederohres bietet, wenn man den in ihm erstarrten Schwefel zum zweiten Mal benutzen will, kann bei dem eben beschriebenen Apparat mit Leichtigkeit dadurch vermieden werden, daß man, noch bevor der Schwefel erstarrt ist, das Rohr nach Entfernung der Thermometer oben herauszieht und in eine nahe horizontale Lage bringt. Bei Beachtung dieser einfachen Vorsichtsmaßregel ist niemals ein Zerspringen des Siederohres eingetreten.

Der Asbest, aus dem die beiden erwähnten Scheiben verfertigt sind und mit dem das kegelförmige Schutzblech am Thermometer befestigt ist, muß von organischen Beimengungen sorgfältig befreit sein; Ausglühen im Bunsenbrenner beseitigt die letzten Spuren derselben. Andernfalls nämlich können Explosionen innerhalb des Siederohres eintreten, welche die Asbestscheiben mit den Thermometern aus der Röhre treiben. Nach dem Ausschalten des Heizstroms bei Beendigung des Versuches hat man ferner noch einige Zeit (etwa 20 Minuten) mit dem Abnehmen der Asbestdeckel zu warten, da sonst die noch nicht hinreichend abgekühlten Dämpfe an der Luft sich selbst entzünden. Im übrigen aber bietet die Handhabung des Apparates keine Schwierigkeiten.

Der benutzte Schwefel war von C. A. F. Kahlbaum in Berlin in krystallisiertem Zustande bezogen worden. Bei jeder Siedepunktsbestimmung befand sich das jeweils

---

[1]) S. weiter unten.

benutzte Instrument länger als eine Stunde im Schwefeldampf; mit den für die eigentliche Messung benutzten Ablesungen wurde erst begonnen, nachdem nach Einregulierung der Stromstärke der Schwefeldampf bis an die untere Asbestscheibe gestiegen und die Temperatur möglichst konstant geworden war. Der Barometerstand wurde an einem in der Nähe des Siedeapparates befindlichen Fueßschen Normalbarometer abgelesen. Für die Reduktion der Siedetemperatur auf den normalen atmosphärischen Druck benutzte man den von Chappuis und Harker[1]) aus den Beobachtungen Regnaults berechneten Koeffizienten

$$\frac{dt}{dp} = 0{,}088 \quad \frac{\text{Grad}}{mm\,\text{Hg}}.$$

Messungen mit Quecksilberthermometern. Zur Bestimmung des Schwefelsiedepunkts wurden drei hochgradige Stabthermometer verwendet, bezeichnet mit Nr. 823, Nr. 5044, Nr. 1963 und verfertigt von W. Niehls in Berlin, von denen das erste in halbe Grade, die übrigen in ganze Grade geteilt sind. Über dem Quecksilber befindet sich trockene Kohlensäure unter einem Druck von etwa 20 Atm. Alle Thermometer waren mit hinreichender Genauigkeit an die die gasthermometrische Skale darstellenden Normale durch oft wiederholte Vergleichung in einem Salpeterbade angeschlossen, und die relative Übereinstimmung ihrer Angaben war wiederholt kontrolliert worden. Nach der Beobachtung wurde in üblicher Weise der Stand des Thermometers in schmelzendem Eise abgelesen. Die Temperatur des herausragenden Fadens wurde durch das erwähnte Fadenthermometer ermittelt; die am Stande des Hauptthermometers danach anzubringende Korrektion betrug zwischen 1,5 und 3 Grad.

In der umstehenden Tab. I ist der Verlauf einer Beobachtungsreihe, in der Tab. II sind die Ergebnisse der Beobachtungen zusammengestellt. Die dort in der letzten Spalte angegebenen Gewichte sind entsprechend der Zahl der Einzelbeobachtungen und der Ablesegenauigkeit in Rechnung gesetzt. Die Beobachtungen sind in Gemeinschaft mit Hrn. H. F. Wiebe ausgeführt worden.

Als endgültiger Wert der vorstehenden Bestimmung des Schwefelsiedepunkts ergibt sich der Wert

$$\mathbf{444{,}7^{0}} \text{ bei } 760\ mm\ \text{Hg}$$

mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 0{,}02^{0}$.

Schon früher (1893) waren in der Reichsanstalt Versuche über den Schwefelsiedepunkt angestellt worden[2]); die damaligen, allerdings weniger genauen Beobachtungen hatten den Wert 444,5⁰ ergeben; die nur geringe Abweichung von dem jetzt ermittelten Wert zeigt, daß bei diesem Punkte die durch die hochgradigen Quecksilbernormale dargestellte Temperaturskale in einem Zeitraum von 10 Jahren innerhalb der Meßgenauigkeit unverändert geblieben ist.

Zur Vergleichung mit dem vorstehend mitgeteilten Werte des Schwefelsiedepunkts mögen zunächst die neuerdings mit großer Sorgfalt ausgeführten Messungen von Chappuis und Harker herangezogen werden. Diese Beobachter hatten mittels zweier Platinwiderstands-Thermometer die drei Zahlen

$$445{,}268^{0} \qquad 445{,}271^{0} \qquad 445{,}046^{0}$$

gefunden, deren Mittelwert

$$445{,}2^{0}$$

[1]) P. Chappuis und J. A. Harker, *Comparaison du thermomètre à résistance de platine avec le thermomètre à gaz et détermination du point d'ébullition du soufre. Trav. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures.* ***12.*** *1900.*

[2]) Siehe den 5. Tätigkeitsbericht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. *Diese Zeitschr.* ***14.*** *S. 304. 1894.*

Tabelle I.

Thermometer Nr. 823.

Zeit	Stand des Therm. Nr. 823	Stand des Fadentherm.	Stromstärke in der unteren Spule	Beobachter (W.: Wiebe) (R.: Rothe)	Bemerkungen
1. 5. 1903			etwa 12 Amp.		Angeheizt, in der oberen Spule 2,5 Amp.
$10^h\ 45^m$	Beginn des Siedens		12 „		Ob. Spule ausgeschaltet.
$11^h\ 08^m$	442,85°	253°	10 „	R.	
10	75	247	—	„	
13	55	238	10,8 „	„	
15	55	231	10,2 „	W.	
17	45	227	—	R.	
19	44	224	10,5 „	W.	
21	53	227	—	„	
23	50	230	—	R.	
24	50	233	—	„	
25	55	239	—	„	Schwefel-Dampf steigt hoch.
27	60	247	—	„	
29	75	253	—	W.	
32	83	267	—	„	
35	89	272	—	„	
39	442,95	277	—	„	
41	443,00	281	—	R.	Dampf reicht bis an die untere Asbestscheibe.
44	05	285	—	„	
47	00	—	—	W.	
50	03	—	—	„	Barometerstand:
52	05 (Mittel: 443,02° für 41 bis $12^h\ 00^m$)	— (282° für 41 bis $12^h\ 00^m$)	—	„	20° 752,75 *mm*.
54	05	—	—	R.	
57	443,00	283	10,5 „	„	
$11^h\ 59^m$	442,97	280	—	„	
$12^h\ 00^m$	443,00	282	10,5 „	„	

Stand d. Therm.	443,02°
Fadenkorrektion	+ 1,42
Korr. f. d. Eispunkt	+ 0,58
Instrumentalkorr.	— 1,04
Korr. Temperatur	443,98°
$\frac{dt}{dp}(760 - b) =$	0,81
Normalsiedepunkt	**444,79°**

Stand des Barom.	752,75 *mm*
Redukt. auf 0°	— 2,40 „
Red. a. d. Meeresniv.	+ 0,50 „
Red. Barometerst. b =	750,85 *mm*

Tabelle II.

Nummer d. Thermometer	Korr. Ablesung d. Therm.	Red. Barom. in *mm* Hg	Normal-Siedep.	Gewicht
5044	443,62°	748,2	444,66°	1
1963	443,79	750,46	444,63	4
823	443,98	750,85	444,79	2
5044	444,15	752,41	444,82	2

Mittelwert: 444,71°

ist, eine Zahl, die aber später infolge einer an der Ausdehnung des Gasthermometergefäßes nachträglich angebrachten Korrektur auf

444,7°

verbessert wurde[1]).

Es ergibt sich also, daß der im vorstehenden ermittelte Wert des Schwefelsiedepunkts mit dem von Chappuis korrigierten übereinstimmt. Diese völlige Übereinstimmung beider Zahlen ist aber wohl zufällig. Der von Callendar und Griffiths[2]) 1892 gefundene Wert ist 444,53°; er wurde ebenfalls mit Platinthermometern beobachtet.

Messungen mit Thermoelementen. Die Bestimmung des Schwefelsiedepunktes mit Hülfe von Le Chatelierschen Thermoelementen nach der Skale von Holborn und Day war umsomehr von Interesse, als jene Beobachter diesen Fixpunkt selbst nicht untersucht hatten. Was die Genauigkeit anlangt, so konnte hier allerdings nur diejenige in Frage kommen, welche man bei der Messung mit Thermoelementen überhaupt erreichen kann, und welche die genannten Beobachter zu etwa 1° C. angeben.

Zwei an die genannte Skale sorgfältig angeschlossene Normal-Thermoelemente mit fast gleichen Thermokräften wurden bei der Untersuchung benutzt; ihre kalten Lötstellen befanden sich in schmelzendem Eise; ihre elektromotorischen Kräfte wurden durch Kompensation auf diejenige eines Normal-Kadmium-Elementes bezogen, und aus dem Mittelwert derselben wurde die Temperatur nach der Holborn und Dayschen Skale berechnet. Die Ergebnisse der Messungen sind in der folgenden Tabelle angeführt.

Tabelle III.

Angabe der Thermoelemente		Red. Barom. in *mm* Hg	Normal-Siedep.	Gewicht
Millivolt	Temperatur			
3,646	444,7°	760,91	444,6°	2
3,655	445,6	760,96	445,5	1
3,654	445,5	764,20	445,1	2

Mittelwert: 445,0°

Aus ihr ergibt sich der mittlere Wert des Normal-Siedepunkts zu

445°,

also innerhalb der angegebenen Meßgenauigkeit in Übereinstimmung mit dem vorher ermittelten Werte.

Auf Grund der vorstehenden Beobachtungen kann der Siedepunkt des Schwefels wegen seiner Konstanz und leichten Reproduzierbarkeit auch für die Messung mit Quecksilberthermometern und Thermoelementen als ein Fixpunkt angesehen werden, der sowohl zur Kontrolle wie auch zur fundamentalen Bestimmung dieser Instrumente zu verwenden ist. Dabei kann der oben beschriebene Siedeapparat gute Dienste leisten.

[1]) P. Chappuis, *Notes on Gas-Thermometry. Phil. Mag.* **3.** *S. 243. 1902*; Referat in *dieser Zeitschr.* **22.** *S. 282. 1902.*

[2]) *A. a. O. S. 145.*

Referate.

Studie über das Zirkumzenital-Instrument.

Von F. Nušl und J. J. Frič. *Bull. internat. de l'Acad. des Sciences de Bohême. Sonderabdr. 64 S. mit Fig. und 3 Taf. 1903.*

Bei der direkten Bestimmung der Ortszeit und der Polhöhe des Beobachtungsorts sind in den letzten Jahren die Methoden, die auf gleichen Sternhöhen (Durchgängen von Sternen durch denselben Almukantarat) beruhen, vielfach empfohlen worden. Statt die gleichen Höhen (z. B. bei der Zingerschen Zeitbestimmungsmethode Durchgänge von Sternen im Osten und Westen durch denselben Almukantarat) durch Einstellen eines Index am Höhenkreis oder des Sextantenindex auf bestimmte Striche der Teilung herzustellen, sind neuerdings auch vielfach Prismeninstrumente zur Herstellung eines konstanten Höhenwinkels erdacht worden, wie das Becksche Instrument in seinen verschiedenen Formen (Breithaupt in Cassel; Fernrohr vertikal abwärts gegen das Prisma gerichtet) oder das Claude-Driencourtsche Instrument (Fernrohr horizontal; vgl. das Referat in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 305. 1903*). Zu diesen Instrumenten gehört auch das von Nušl und Frič in Prag hergestellte „Zirkumzenital-Instrument", über das, nach der ersten Beschreibung im *Bull. astron.*, Hr. Prof. Knopf hier bereits berichtet hat (s. *diese Zeitschr.* **23.** *S. 214. 1903*). Dieser Bericht mag durch die folgende Notiz an der Hand der oben genannten neuern Veröffentlichung, die Versuchsmessungen mit einem *abgeänderten Modell des Instruments* und ein *neues Projekt* mitteilt, ergänzt werden. Die endgültige Form des Instruments von 1902 zeigt Fig. 1; mit diesem Instrument haben die Verf. von Juli bis Oktober 1902 in Ondřejow bei Prag Beobachtungen angestellt, Hülfsinstrumente waren eine Pendeluhr von Strasser & Rohde in Glashütte und ein Chronograph von Fuess in Steglitz.

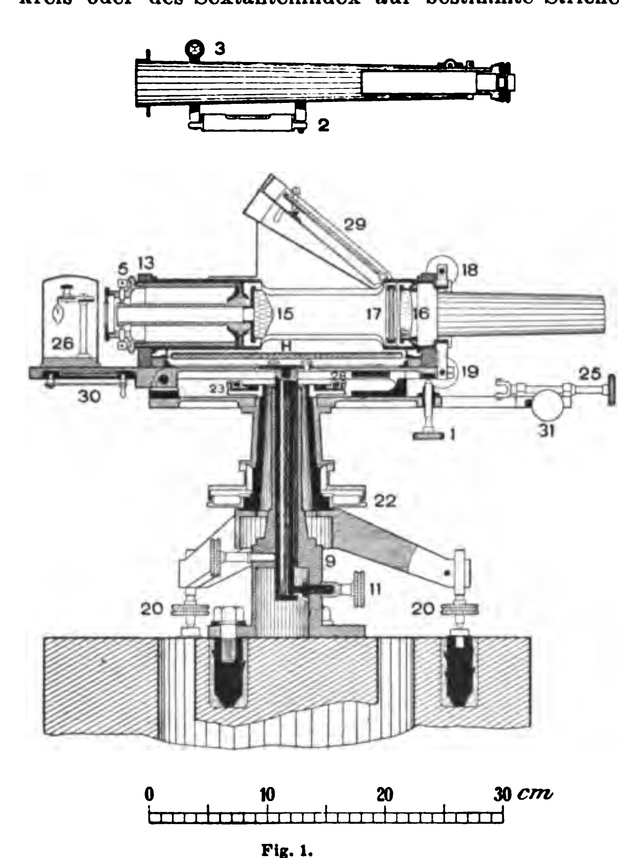


Fig. 1.

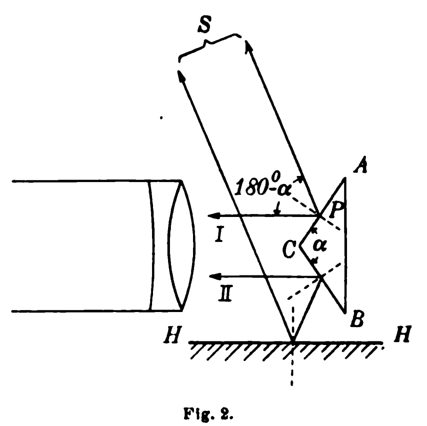


Fig. 2.

Das Prinzip des Instruments sei an der Hand von Fig. 2 kurz nochmals erläutert: Vor dem Objektiv des horizontal gelegten Fernrohrs liegt in einiger Entfernung ein Prisma mit horizontaler Kante und mit dem Winkel α. Wenn der angezielte Stern sich der Höhe $(180^0 - \alpha)$ nähert, so sieht man im Gesichtsfeld des Fernrohrs zwei Bilder des Sterns, die sich in entgegengesetzter Richtung bewegen und in einem bestimmten Augenblick zusammen-

fallen; das eine Bild entsteht durch Reflexion des Lichtstrahls *I* an der obern Fläche *AC* des Prismas, das andre (*II*) durch Reflexion des Lichtstrahls an der Oberfläche eines untergesetzten Quecksilberhorizonts *H* und an der untern Fläche *BC* des Prismas. Die Flächen *AC* und *BC* sind versilbert. Die zwei Bilder fallen in dem Augenblick zusammen, in dem der Stern den Almukantarat ($180^\circ - \alpha$) passiert, und der Zweck des Instruments ist der, diesen Augenblick beobachtbar zu machen. Damit man in allen Azimuten beobachten kann, muß selbstverständlich der Oberteil des Instruments um eine Vertikalachse drehbar sein. Der Quecksilberhorizont ist von dem Instrument getrennt und seine Oberfläche darf nicht zu klein sein; bei dem zuerst angewandten Spiegel von nur 85 *mm* Durchmesser machte sich die Wölbung der Quecksilberoberfläche sehr fühlbar. In einer genauern Diskussion darüber finden die Verf., daß die Oberfläche einer dünnen kreisförmigen Quecksilberschicht erst etwa 70 *mm* vom Rand bis auf einige zehntel Sekunden genau die Horizontalebene vorstellt. Es wurde deshalb der Durchmesser des Quecksilberhorizonts auf 200 *mm* vergrößert. Mit Rücksicht auf die Wirkung der Quecksilberdämpfe auf die versilberten Flächen des Prismas muß das Quecksilber nach jeder Beobachtungsreihe weggenommen und vor einer neuen Anwendung des Instruments wieder eingefüllt werden. In Fig. 1 ist *H* der Quecksilberhorizont, *15* das Prisma, *16* das Fernrohrobjektiv, *29* ein planparalleles Glas, durch das der Lichtstrahl vom Stern in die Öffnung zwischen Prisma und Objektiv eintreten kann und das während der Berichtigung des Instruments durch einen Spiegel zu ersetzen ist. Die Bilder werden übrigens, wie bereits in dem Referat von Prof. Knopf angedeutet ist, vervielfacht und zwar durch *17*, zwei prismatische Gläser, die einen Teil des Objektivs von links und rechts her bedecken und die Teilung des Bildes im Fokus bewirken. Durch diese prismatischen Gläser mit vertikaler Kante und durch die horizontale Kante des Prismas wird das Objektiv in sechs Teile zerlegt, von denen jeder ein Bild des Sterns erzeugt. Jeder der Teile hat bei 40 *mm* Öffnung des Objektivs etwa 200 *qmm* Fläche, der Öffnung eines einfachen kleinen Fernrohrs von 16 *mm* Objektivdurchmesser entsprechend. Sterne bis zur 4. Größe können mit diesem Fernrohr bequem beobachtet werden. Bei der Beobachtung sieht man 2-mal drei Bilder des Sterns, zwölf verschiedene Gruppen sind während des Durchgangs zu beobachten und die Durchgangszeit durch den Almukantarat ($180^\circ - \alpha$) ist das Mittel der zwölf Zahlen. Die Justierung des Instruments hat nur dafür zu sorgen, daß mit der Genauigkeit von einigen Minuten die optische Achse des Fernrohrs senkrecht auf der Kante *C* (s. Fig. 2) des Prismas steht.

Die Reduktion der Beobachtungen wird sehr ausführlich und genau mitgeteilt, sowohl für die Breitenbestimmung als für die Methoden der Zeitbestimmung. Außer der Zingerschen Methode zur Ermittlung der Ortssternzeit (gleiche Höhen zweier Sterne im Osten und Westen) sind für die Zeitbestimmung noch drei verschiedene Methoden von den Verf. speziell ausgearbeitet worden: Methode der absoluten Höhen, Methode der korrespondierenden Azimute, Methode der Korrektion der Höhen; für alle vier sind Beispiele mit allen Reduktionsrechnungen vollständig durchgeführt. Die zuletzt angedeutete Methode ist für Stationen, deren Polhöhe genau bekannt, die einfachste; die Beobachtung der zwei Sterne im Osten und Westen nimmt in günstigen Fällen 2 bis 3 Minuten in Anspruch.

Zur Bestimmung der Breite ist die Gauss-Knorresche Methode anzuwenden. Durch besondere Interpolationstafeln werden alle notwendigen Rechnungen für Zeit und für Breite sehr vereinfacht; nur bei Berechnung der Breite hat man zwei Unbekannte mit 4-stelligen Logarithmen zu bestimmen. Die Verf. geben denn auch an, daß die Regulierung des Apparats (die sich auf den Winkel zwischen Prismenkante und optischer Achse des Fernrohrs beschränkt), die Art und die Reduktion der Beobachtungen und endlich die Ableitung der Schlußresultate für Zeit und Breite im allgemeinen einfacher sei als bei andern Methoden.

Die Ergebnisse sind sehr befriedigend: der wahrscheinliche Fehler der vollständigen Beobachtung eines Zeitsterns war $\pm 0{,}05$ bis $0{,}06^s$, die Breite ging aus der vollständigen Beobachtung von drei Meridiansternen mit dem w. Fehler $\pm 0{,}22''$ hervor. Dabei hatte das

Instrument, wie schon angedeutet, nur 40 *mm* Öffnung des Fernrohrs, ferner 350 *mm* Fokallänge und es wurde die Vergrößerung 50 angewandt.

Als Übelstand ihres Instruments haben die Verf. gefunden, daß die beobachtete Höhe insofern nicht ganz konstant war, als sie durch Verschiebung des Okulars verändert wurde (bei einer bestimmten Okularstellung ist aber die Gleichheit der Höhen sehr sicher verbürgt, weil nur von der Horizontalität des Quecksilberspiegels und von dem Betrag des Prismenwinkels α abhängig). Der Grund ist die Teilung des an den Prismenflächen reflektierten Lichts in zwei zur Horizontalebene symmetrische Bündel.

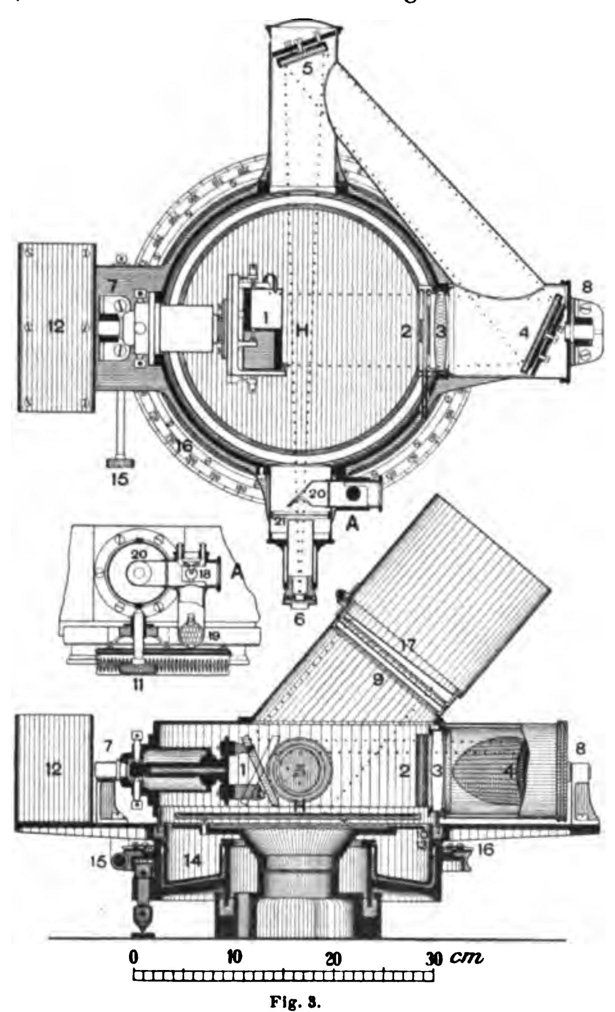


Fig. 3.

In einer *neuen Konstruktion* ihres Apparats haben deshalb die Verf. *das Prisma ersetzt durch zwei sich kreuzende Spiegel;* dieses vor das Objektiv gesetzte Spiegelkreuz teilt das Licht symmetrisch zur Vertikalen und eine Verschiebung des Okulars ist ohne Einfluß. Die Verf. hoffen so ein Instrument für absolut gleiche Höhen herzustellen, das den höchsten Anforderungen der gegenwärtigen praktischen Astronomie gerecht wird. Fig. 3 gibt Grundriß und Schnitt der neuen Anordnung. Die optische Achse des Fernrohrs ist, um ein wesentlich größeres (3-mal so großes) Fernrohr mit stärkeren Vergrößerungen anwenden zu können, zweimal gebrochen mit Hülfe der Spiegel *4* und *5*; *3* ist das Objektiv des Fernrohrs, *6* das Okular. Dem Objektiv sind die prismatischen Gläser *2* vorgesteckt, deren horizontale Kanten bis zum obern und untern Drittel der Objektivöffnung reichen; *1* ist das dem Objektiv gegenüberstehende Spiegelkreuz, *9* ein planparalleles Glas senkrecht zum auffallenden Lichtstrahl, *H* der Quecksilberhorizont. Für feinere Sterne ist dieser Apparat sicher vorteilhaft, die Bilder hellerer Sterne müssen durch Gitter gedämpft werden.

Man wird mit großen Erwartungen den Ergebnissen dieses neuen Instruments entgegensehen dürfen, wenn man sich auch nicht verhehlen kann, daß derartige Prismen- oder Spiegelkreuzinstrumente (dies gilt selbstverständlich nicht allein für das Instrument von Nušl-Frič, sondern ebenso für die von Beck und Claude) die sonstigen Mittel zur Herstellung konstanter Höhen kaum in größerer Ausdehnung verdrängen werden; die Gründe dafür sind schon in dem Referat von Hrn. Prof. Knopf angegeben. *Hammer.*

Über einen mechanischen Rechenapparat „Arithmograph".

Von L. Troncet. *Compt. rend.* **136.** *S. 807. 1903.*

Der Verf. hat bereits früher ein Recheninstrument „Arithmograph" konstruiert und bietet nun hier ein weiteres, das wesentliche Vervollkommnungen zeigen soll. Das neue Instrument besteht aus zwei Teilen, die Additionen (und Subtraktionen) sowie Multiplikationen

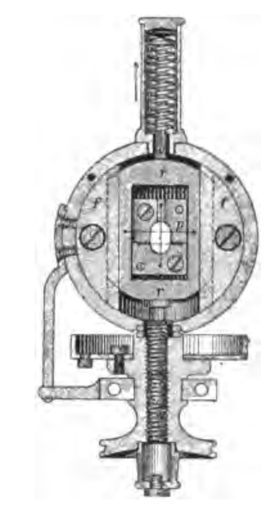
(und Divisionen) zu besorgen haben; auf beiden rechnet man mit Hülfe von metallenen gezahnten Zahlenstäbchen (*réglettes*), die durch einen *Stift* bewegt werden müssen.

Schon wegen dieser Bewegung glaubt der Ref. nicht, daß dieser Arithmograph in der Tat den Vergleich mit einer guten Rechen- (Additions-) Maschine aushalten kann, wenn auch der Erfinder Vorzüge für seinen Apparat vor den Rechenmaschinen zu nennen weiß; ohne praktische Erfahrungen mit dem Instrument ist indessen ein zutreffendes Urteil kaum möglich. Auf eine nähere Beschreibung soll hier nicht eingegangen werden. *Hammer.*

Präzisionsnivellierinstrument.

Von A. Schell. *Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien.* **112,** *IIa. S. 261. 1903.*

An Stelle des in Lagerringen drehbaren und auf ihnen umlegbaren Fernrohrs und der Setzlibelle des oft so genannten vollkommenen Nivellierinstruments benutzt der Verf. ein um die Ringachse drehbares Fernrohr und eine mit diesem fest verbundene Doppellibelle (bekannlich von Amssler vor bald 50 Jahren eingeführt), also Einrichtungen, die an vielen Nivellierinstrumenten, besonders deutscher Herkunft, bereits im Gebrauch sind; es sei nur an das Breithauptsche „Kompensations-Nivellierinstrument“ erinnert. Man erhält eine „Lattenhöhe“ (nach dem in Österreich üblichen Ausdruck des Verfassers; Lattenablesung, wie sonst üblich, wäre wohl vorzuziehen) mit einem solchen Instrument als Mittel der zwei Lesungen in Lage I und II des Fernrohrs (II nach Drehung des Fernrohrs um die Ringachse um 180°); dieses Mittel ist befreit von der Exzentrizität der Fernrohrziellinie und von dem Einfluß der Ungleichheit der Ringdurchmesser. Ferner soll beim Ablesen die Schätzung zwischen die Striche oder in die Felder der Latte ersetzt werden durch Okular-Schraubenmikrometer-Messung des Abstands des Horizontalfadens vom vorhergehenden Lattenstrich, wodurch sich die Lattenablesung wesentlich verfeinern lasse.



Der ausführlichen Beschreibung des von Starke & Kammerer in Wien ausgeführten Instruments und des ganzen Nivellierapparats zu folgen, wird nach diesen Andeutungen nicht erforderlich sein. Es genüge, durch die beistehende Figur die Okular-Mikrometereinrichtung anzugeben. Der feste Horizontalfaden ist auf der mit dem Boden des Mikrometergehäuses fest verbundenen Platte *p* ausgespannt; diese ist elliptisch ausgeschnitten und in dem Ausschnitt erscheint das Lattenbild. Der Rechen am linken Rand des Querschnitts, mit dessen Nullzahn der feste Faden übereinstimmt, ist in der Figur weggelassen. Den beweglichen Faden trägt der zwischen den Führungsleisten *f* verschiebbare Schlitten *r* und dieser Faden ist nun also auf den vorhergehenden Strich der Lattenteilung einzustellen. Er ist ebenfalls ein einfacher Faden; wäre hier nicht ein Doppelfaden bei feiner Strichteilung der Latte vorteilhafter?

Ferner sei erwähnt, daß das Stativ ein Zapfenstativ ist, die Latte eine von Gebr. Rost hergestellte Nickelstahl-Latte mit Holz-Aluminium-Umhüllung; der Nickelstahlstab hat 30×6 *mm* Querschnitt und 3 *m* Länge. Der Stahlstab ist auf beiden Seiten geteilt, also als Wendelatte gedacht, und die Latte wird mit einer am Fuß angeschraubten konischen Vertiefung auf den oben kugelförmigen Zapfen, der in der Mitte der breiten Bodenplatte sich erhebt, aufgesetzt.

Den Schluß der Abhandlung bilden Untersuchungen über die erreichbare Genauigkeit in der Lattenablesung (und in der mit dem Mikrometer bestimmten Horizontaldistanz zwischen Aufstellungspunkt und Latte, wozu das Instrument selbstverständlich ebenfalls brauchbar ist) sowie die Zahlen einiger Messungsversuche von einem Standpunkt aus. Bei dem Instrument mit 27-fach vergrößerndem Fernrohr und 412,5″ Wert einer Umdrehung der Schraube des Mikrometers (die Empfindlichkeit der Libelle ist nicht angegeben) fand sich bei der Zielung auf 74 *m* Entfernung ein Lattenablesungsfehler von $\pm 0{,}16$ *mm* an der I.,

± 0,19 *mm* an der II. Lattenteilung, entsprechend einem Zielfehler von rund ± 0,5″ (ferner ein relativer Fehler der mikrometrisch bestimmten Horizontaldistanz von rund $^1/_{2300}$), also in der Tat ein sehr günstiges Resultat. Wie weit hinter solchen Zahlen die Ausführung eines Nivellements auf einer Straße oder Bahn zurückbleibt, wird vorläufig nicht am Beispiel einer mit dem Instrument durchgeführten Messung klargelegt. *Hammer.*

Über ein neues Doppelbildmikrometer.

Von J. G. Lohse. *Ann. Roy. Observatory Edinburgh 1. S. 152. 1902.*

Das vom Verf. vorgeschlagene Instrument, welches den Namen „Astrometer“ führen und zur Ausmessung von kleinen, nur wenige Bogenminuten betragenden Distanzen am Himmelsgewölbe dienen soll, besteht in der Verbindung eines Fernrohres, sei es eines Refraktors oder eines Reflektors, mit einem Heliometer. Bei den auf der jetzt aufgehobenen Dunechter Sternwarte vom Verf. angestellten Versuchen benutzte dieser den 15-zölligen Refraktor und ein dort gerade vorhandenes 2-zölliges Heliometer.

Die vom Refraktor (oder Reflektor) im Brennpunkt vereinigten Strahlen werden vor ihrem Eintritt in das Heliometer durch eine Kollimatorlinse parallel gemacht. Als letztere läßt sich entweder eine Sammellinse benutzen, die dann so gestellt wird, daß ihr vorderer Brennpunkt mit dem Brennpunkt des Refraktorobjektives zusammenfällt, oder auch eine Zerstreuungslinse, deren hinteren Brennpunkt man mit dem Brennpunkt des Refraktors zusammenfallen lassen wird. Das Heliometerobjektiv kann gleich hinter der Kollimatorlinse seinen Platz erhalten.

Die Anwendung einer Zerstreuungslinse hat den Vorteil, daß das Instrument bedeutend kürzer wird als im andern Fall, dagegen findet hier, wie eine genauere Rechnung zeigt, im Gesichtsfeld von der Mitte nach dem Rand hin bei größeren Distanzen ein ziemlich starker Helligkeitsabfall statt, während derselbe bei Anwendung einer positiven Kollimatorlinse nur ganz unbedeutend ist.

Statt einer einfachen Kollimatorlinse wird man natürlich besser ein sphärisch und chromatisch korrigiertes System nehmen, wie dies jedenfalls auch Verfasser getan hat. Die von ihm bei seinem Versuchsinstrument benutzte Zerstreuungslinse (oder das an deren Stelle tretende System) hatte eine Brennweite von 7 Zoll, während am vorteilhaftesten eine Brennweite von 14 Zoll gewesen wäre, weil dann die Heliometerlinse voll ausgenutzt worden wäre, ohne daß ein Lichtverlust stattgefunden hätte. Die Vergrößerung des Instrumentes hätte dann 1,77-mal so viel betragen, als wenn man das am Heliometer befindliche Okular unmittelbar am Refraktor benutzt hätte; die meßbare Distanz würde 255″ gewesen sein. Bei Anwendung einer negativen Kollimatorlinse von noch längerer Brennweite würde zwar die meßbare Distanz größer geworden sein, es wäre aber nach dem Rand des Gesichtsfeldes zu ein Lichtverlust aufgetreten und außerdem würde auch die Vergrößerung eine kleinere geworden sein. So hätte bei Anwendung einer Zerstreuungslinse von 24 Zoll Brennweite die durch das Astrometer erzielte Vergrößerung nur 1,04-mal so viel betragen, als wenn dasselbe Okular direkt am Refraktor angeschraubt gewesen wäre; die meßbare Distanz wäre allerdings auf 434″ gewachsen, aber schon von 6,6″ an wäre ein Lichtverlust nach dem Rand zu eingetreten, der bei Messung der größten Distanz $^1/_3$ des auffallenden Lichtes ausgemacht hätte. Auf das Doppelte der meßbaren Distanz hätte man kommen können, wenn das zweizöllige Heliometer als solches nicht nur Distanzen bis zu 55′, sondern wie andere Instrumente dieser Art etwa bis zu 2° zu messen erlaubt hätte.

Die stärkere Vergrößerung, welche man mit dem Astrometer, verglichen mit dem Refraktor (oder Reflektor), erreichen kann, gewährt den Vorteil, daß zur Ausmessung einer Distanz eine größere Anzahl Schraubenumdrehungen gebraucht werden, eine einzelne Schraubenumdrehung also einen kleineren Winkel repräsentiert und infolgedessen eine genauere Messung möglich ist, oder aber, daß dieselbe Genauigkeit mit einer weniger exakt gearbeiteten Schraube zu erreichen ist.

Die Messungen mit dem Astrometer werden in derselben Weise ausgeführt wie die

mit dem Heliometer; man bestimmt die Entfernung zweier Punkte voneinander, indem man die Bilder durch Verstellung der Objektivhälften so anordnet, daß man entweder die vierfache oder die doppelte oder die einfache Distanz ausmißt.

Sind die beiden Komponenten eines Doppelsternes von ungleicher Helligkeit, so kann man, um gleiche Helligkeit der beiden aufeinander fallenden Sternbilder zu erhalten, wie beim Heliometer vor die Objektivhälfte, welche das hellere Bild erzeugt, ein Gitter bringen. Man kann denselben Zweck aber auch erreichen, indem man das Heliometer senkrecht zur Spaltrichtung des Objektivs längs einer Führung parallel mit sich selbst verschiebt, sodaß jetzt auf die das schwächere Bild entwerfende Objektivhälfte ein größerer Teil des Strahlenbündels fällt als vorher und auf die das intensivere Bild entwerfende Objektivhälfte ein kleinerer Teil. Der Ort der Bilder im Gesichtsfeld bleibt bei dieser Parallelverschiebung des ganzen Heliometers ungeändert.

Die vom Verfasser ausgeführten Messungen von Planetendurchmessern und Doppelsternen zeigen, daß das neue Instrument in der Tat recht gute Resultate erzielen läßt. Wie die mit dem Heliometer, so ergeben sich auch die mit dem Astrometer gemessenen Durchmesser der Planetenscheiben kleiner als die mit dem Fadenmikrometer gemessenen, welch letztere jedenfalls infolge der Irradiation zu groß gefunden werden.

Sowohl für das Heliometer wie für das Astrometer empfiehlt Verf. mit vollem Recht, ein Fadenkreuz im Gesichtsfeld anzubringen, da es den Beobachter veranlassen wird, auf diese Ebene sein Auge zu akkommodieren und in ihr die Messung vorzunehmen, während es sonst leicht geschieht, daß das Auge des Beobachters sich in einem abnormen Akkommodationszustand befindet, der Beobachter aber doch, weil er es nicht weiß, den für die Normalokularstellung geltenden Revolutionswert der Mikrometerschraube bei Bestimmung der Distanz in Anwendung bringt. Außerdem bietet das Fadenkreuz noch den Vorteil, daß es die Mitte des Gesichtsfeldes bezeichnet, wo wegen der hier günstigsten optischen Bedingungen die Messungen tunlichst anzustellen sind, während der bei anderen Doppelbildmikrometern hierfür noch sprechende Grund, daß nämlich die Maßeinheit von der Mitte nach dem Rand des Gesichtsfeldes sich ändert, eine Distanz also am Rand gemessen sich anders als in der Mitte gemessen ergibt, beim Heliometer von keinem Belang ist.

Verf. macht dann noch einige Vorschläge betreffs Anwendung eines Zöllnerschen Reversionsprismas für die Bestimmung der Positionswinkel. Bei der Messung von Distanzen kann das Reversionsprisma dagegen nicht benutzt werden, weil die Distanz sich bei jeder Verstellung des Instrumentes ändern würde. *Kn.*

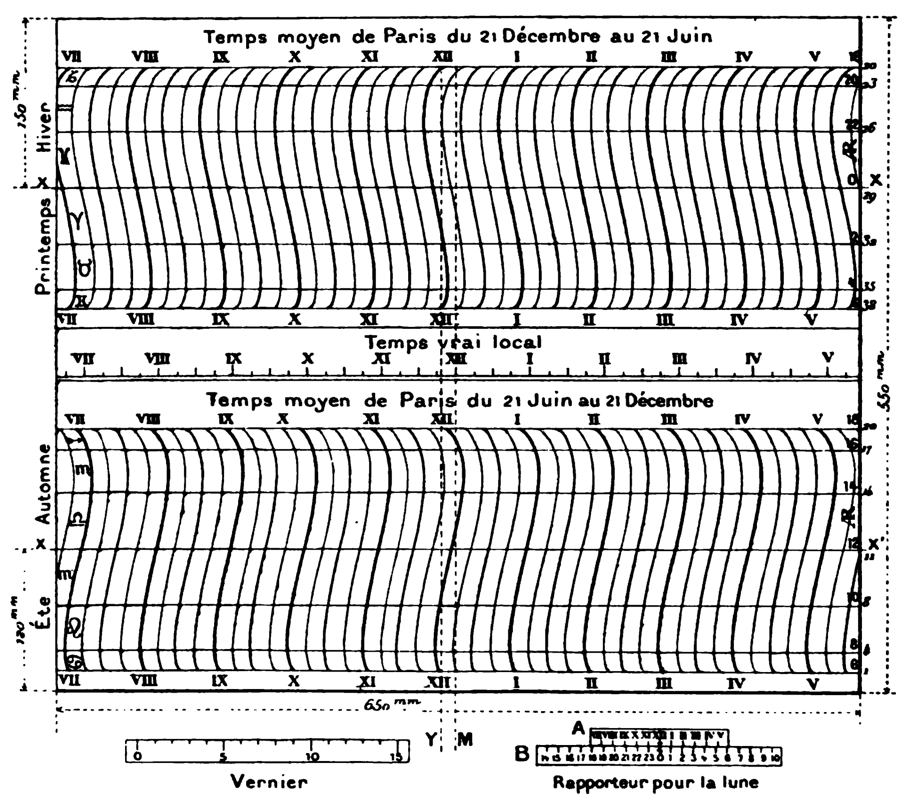
Sonnenuhr für mittlere Zeit.

Von R. Cozza. *Bulletin de la Société astron. de France März 1903.*

Die von R. Cozza angegebene Sonnenuhr hat mit der jüngst in *dieser Zeitschr.* **23.** *S. 207. 1903* vom Ref. beschriebenen das halbzylindrische Zifferblatt gemein, sowie die Anbringung einer Marke an der zur Erdachse parallelen Zylinderachse. Während aber bei der Sonnenuhr des Ref. diese Marke dazu dient, die richtige Aufstellung der Uhr ohne besondere Meridianbestimmung zu bewerkstelligen, benutzt Cozza die Marke, um an seiner Sonnenuhr die unmittelbare Ablesung der *mittleren* Sonnenzeit neben derjenigen der *wahren* zu ermöglichen, indem er die Zeitablesung selbst nicht am Schatten der ganzen Zylinderachse, sondern nur am Schatten der Marke vornehmen läßt und die Zifferblattteilung auf jedem, einem bestimmten Wert der Sonnen-Deklination entsprechenden Zylinderkreis dem zugehörigen Werte der Zeitgleichung entsprechend verschiebt. Es entsteht so auf der abgewickelten Zylinderfläche (Zylinder-Radius gleich R) ein Koordinatensystem, dessen Abszissenachse der Äquinoktialkreis auf der Zylinderfläche ist, in dessen Ebene die Marke liegt. Auf Parallelen zu dieser Linie im Abstand $-R \operatorname{tg} \delta$ läuft das von der Sonne entworfene Markenbild an einem Tage, an dem die Sonnen-Deklination gleich δ ist. Diese Parallelen (vgl. die Abbildung des Zifferblatts in umstehender Figur) werden von einer Schar von Linien gleicher mittlerer Zeit geschnitten, die punktweise zu konstruieren sind. Das von der Sonne ent-

worfene Markenbild, als Punkt einer bestimmten Linie mittlerer Zeit betrachtet, hat von der Zylinder-Erzeugenden, die der wahren Sonnenzeit gleicher Kotierung entspricht, den Abstand $-\frac{2\pi R\varepsilon}{1440}$, wenn ε die Zeitgleichung in Zeit-Minuten ist. Man braucht nur eine dieser Kurven, etwa die des mittleren Mittags, zu konstruieren und erhält die andern durch Parallelverschiebung in äquidistanten Zwischenräumen.

Allerdings ist die Zeitgleichung nicht eine eindeutige Funktion der Sonnendeklination, sondern hat bei gleicher Sonnendeklination vor und nach der Sonnenwende verschiedene Werte. Deshalb müssen zwei derartige Sonnenuhren miteinander vereinigt werden, von denen eine für die Zeit vom 21. Dezember bis 21. Juni, die andere für das andere Halbjahr gilt. Praktisch werden diese beiden halbzylindrischen Zifferblätter auf demselben Halbzylinder



unter einander angebracht. Die Zylinderachse selbst wird durch einen gespannten Draht bezeichnet, an dessen Schatten man auf einem Zylinderkreise, der einer Sonnendeklination mit der zugehörigen Zeitgleichung 0 entspricht, die *wahre* Sonnenzeit ablesen kann. Die Zylinder-Erzeugenden, die der wahren Sonnenzeit entsprechen, brauchen deshalb nicht ausgezogen zu werden; es genügt, auf einem Zylinderkreis, etwa zwischen den Zifferblättern beider Halbjahre, die Teilung nach wahrer Zeit anzugeben (vgl. die Figur). Ebenso kann man den Schatten dieses Drahtes den Meridiandurchgang der wahren Sonne durch die Meridiane verschiedener Städte der Erde, die nicht weiter als 75° östlich oder westlich vom Mittelmeridiane der Sonnenuhr liegen, anzeigen lassen. Soll statt der mittleren Ortszeit, wie sie an den Stundenkurven abgelesen wird, die mittlere Sonnenzeit eines anderen Meridianes gegeben werden, so sind alle Stundenkurven dem Zeitunterschied entsprechend zu verschieben.

Bei der in Macerata in Italien aufgestellten Sonnenuhr dieses Systems besteht das Zifferblatt aus Zinkblech. Der Halbmesser des Zylinders beträgt 229,2 *mm*, sodaß eine Zeitminute auf dem Zylinder 1 *mm* lang wird. Ein beigegebener Nonius läßt Zehntel Minuten ablesen. Die beiden Marken an der Zylinderachse sind feine Löcher in kleinen, kreisförmigen Metallscheibchen.

Da jedem Tage ein bestimmter Zylinderkreis als Bahn des Markenbildes entspricht, kann man durch den Abstand des Markenbildes von der Äquinoktiallinie mancherlei kalendarische Angaben bezeichnen lassen, wobei die Sonnendeklination als laufende Variabel gilt. So finden wir auf dem abgebildeten Zifferblatt die Jahreszeiten, die Tierkreisbilder und die Rektaszensionen der Sonne *AR* ($18^h\ 20^m$; $20^h\ 23^m$ u. s. w.) angegeben. Auch die Zeiten des Auf- und Untergangs der Sonne für die Breite des Beobachtungsortes ließen sich durch eine Kurve auf dem Zifferblatt angeben; allerdings müßte man sie im Sommerhalbjahr um 12 Stunden verschoben verzeichnen, weil ja das Zifferblatt nur von 6 Uhr früh bis 6 Uhr abends reicht.

Bei nächtlichem Mondschein kann der Stundenwinkel des Mondes abgelesen und aus ihm unter Benutzung von Ephemeriden die Sonnenzeit abgeleitet werden. Ein Lineal mit doppelter Teilung, das dem Zurückbleiben des Mondes gegen die Sonne um stündlich 2,1 Minuten Rechnung trägt (s. rechts unten in der Figur), erleichtert die Umrechnung.

Vorbeivisierend an einem kleinen Spiegel, den man so hinter die Zylinderachse hält, daß die Achse, ihr Spiegelbild und die Mitte des gespiegelten Gestirns in einer Ebene erscheinen, kann man dessen Stundenwinkel auf dem Zifferblatt auch dann ablesen, wenn das Gestirn nur schwach sichtbar ist, wie Sonne oder Mond hinter leichtem Gewölk, der Mond bei Tage und hellere Sterne bei Nacht.

Somit liefert eine solche Sonnenuhr durch die Bewegung des Markenbildes oder des Zylinderachsen-Schattens auf Zylinderkreisen die mittlere und wahre Sonnenzeit und, eventuell mit gewissen Hülfsmitteln, den Stundenwinkel des Mondes und hellerer Sterne, während der Abstand des Markenbildes vom Äquinoktialkreis der Sonnendeklination proportional ist und Gelegenheit gibt, andere, dieser Sonnendeklination entsprechende, kalendarische Daten wie die Rektaszension, Auf- und Untergangszeiten der Sonne, ihre Stellung im Tierkreis in der Uhr ablesbar zu machen. Diese Sonnenuhr ist also ein recht instruktives Mittel zur Popularisierung gewisser astronomischer Kenntnisse, andererseits aber ist sie auch als Uhrkontrolle an Orten fern vom Telegraphen praktisch zu empfehlen, besonders da sie auch die leidige Anbringung der Zeitgleichung glücklich vermeidet. Allerdings ist die Ablesung der mittleren Zeit um die Tage der Sonnenwende herum nicht sehr genau, weil hier die Stundenkurven schleifend von der Bahn des Markenbildes geschnitten werden; man liest in diesen Tagen wohl besser wahre Sonnenzeit ab und bringt die Zeitgleichung nach einer Tabelle an.

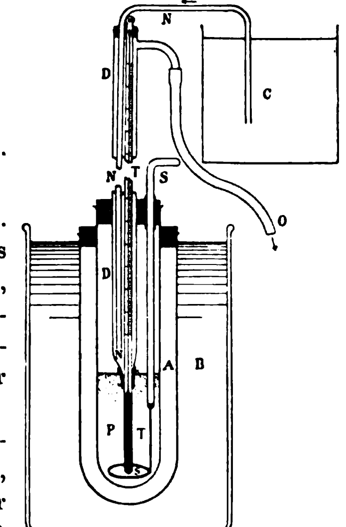
Am Schluß des Aufsatzes gibt der Verfasser ein Verfahren zur Herstellung eines Zifferblattes mittlerer Sonnenzeit auf beliebiger Oberfläche. Er projiziert die in Metall ausgeschnittene Stundenkurve seines zylindrischen Zifferblattes vom gewählten Orte der schattenwerfenden Marke auf das vorgeschriebene Zifferblatt in allen den zu verzeichnenden Uhrzeiten entsprechenden Lagen.

H. Maurer in Hamburg.

Umwandlungstemperatur des Natriumsulfats.

Von Th. W. Richards und R. C. Wells. *Zeitschr. f. phys. Chem.* **43.** *S. 465. 1903.*

Die Umwandlungstemperatur des Natriumsulfats, d. h. derjenigen, bei der eine Änderung des Kristallwassergehalts eintritt, ist, wie die Verf. schon im Jahre 1898 gezeigt haben, eine so konstante und verhältnismäßig leicht wiederherstellbare, daß man sie als einen genau festgelegten thermometrischen Fundamentalpunkt benutzen kann. Ihre Lage genauer zu bestimmen, ist die Aufgabe der vorliegenden Arbeit.



Die Temperatur wird gemessen durch fünf Quecksilberthermometer, zwei Tonnelotsche und drei Baudinsche, welche sämtlich auf die Wasserstoffskale bezogen sind. Der zu den Versuchen benutzte einfache Apparat (vgl. die Figur)

besteht aus einem Becherglas B, dessen Wasser auf elektrischem Wege bis auf ungefähr 0,5 Grad über die Umwandlungstemperatur erwärmt wird. Das doppelwandige Reagensglas A enthält bei P das zu untersuchende Natriumsulfat, in welches ein Rührer S und das Thermometer T tauchen. Um die Unsicherheit hinsichtlich der Temperatur des herausragenden Quecksilberfadens zu vermeiden, wurde die Thermometerröhre von einem Glasrohr D umgeben, durch welches aus einem Thermostaten C Wasser von nahezu derselben Temperatur wie die zu messende floß, indem es durch das Rohr N von unten her eintrat, um durch O abzufließen.

Das endgültige Ergebnis ist

$$+32{,}383^{\circ} \pm 0{,}001^{\circ}$$

für die Umwandlungstemperatur des Natriumsulfats. *Rt.*

Vorrichtung zur Horizontalstellung der optischen Achse eines Fernrohrs.

Von A. Berget. *Compt. rend.* **136.** *S. 883. 1903.*

Verf. empfiehlt für den in der Überschrift genannten Zweck die Methode der Autokollimation. Ein rechteckiger, parallelflächiger und auf beiden Seiten versilberter Glasspiegel ist in einen bronzenen Rahmen gefaßt und hängt an zwei Stahlbändern von 0,1 *mm* Dicke und 50 *cm* Länge, welche unten in der Spiegelfassung und oben zwischen zwei auf horizontaler Unterlage ruhenden Messingleisten eingeklemmt sind.

Hinge der Spiegel genau vertikal, so würde die optische Achse eines Fernrohres, dessen Fadenkreuz durch mikrometrische Einstellung mit seinem Spiegelbild zum Zusammenfallen gebracht ist, genau horizontal liegen. Da jedoch eine vollkommen vertikale Stellung des Spiegels nicht zu erwarten ist, so muß man nach der ersten Einstellung des Fernrohres durch Umlegen des Messingbügels auf seiner Unterlage den Spiegel um 180° drehen und das Fernrohr wiederum durch Autokollimation des Fadenkreuzes senkrecht zu ihm stellen. Bei der zwischen beiden Einstellungen des Fernrohres in der Mitte liegenden Einstellung ist die optische Achse des Fernrohres genau horizontal.

Ist die optische Achse des Fernrohres in der beschriebenen Weise horizontal gerichtet worden, so gibt man dem Spiegel, um die Horizontalstellung des Fernrohres späterhin leichter bewerkstelligen zu können, eine genau vertikale Stellung dadurch, daß man zwei Gewichte längs einer auf der oberen Querleiste des Rahmens senkrecht zu den spiegelnden Flächen angebrachten Stahlstange verschiebt, bis Autokollimation des Fadenkreuzes hergestellt ist.

Um ein Hin- und Herpendeln des Spiegels infolge Luftzuges rasch zu beseitigen, läßt man entweder einen am Spiegel befestigten Stab in eine darunter gestellte Flüssigkeit tauchen oder, noch einfacher, man bringt unten ein V-förmig gefaltetes Blatt Papier an, gegen das der Spiegel bei seinen Bewegungen stößt.

Von der Parallelflächigkeit des Spiegels hat man sich natürlich vor Benutzung desselben zu überzeugen; ein etwa vorhandener Keilwinkel der beiden Spiegelflächen ist bei der mikrometrischen Einstellung zu berücksichtigen. *Kn.*

Über eine neue Methode der optischen Dickenmessung.

Von J. Macé de Lépinay. *Compt. rend.* **134.** *S. 898. 1902.*

Bekanntlich hat der Verf. 1887 die Beziehung zwischen dem Kilogramm und dem Meter festgestellt, indem er das Gewicht eines Quarzwürfels in Luft und in Wasser bestimmte und die Dicken des Würfels (4 *cm*) in Wellenlängen der Natriumlinie D_2 maß. Letzteres geschah mit Hülfe der Talbotschen Streifen, welche dadurch entstehen, daß Strahlen, die durch den Quarz hindurchgegangen sind, mit Strahlen, die am Quarz vorbeigezogen sind, zur Interferenz gebracht werden. Für die senkrecht zur Quarzfläche gerichteten Strahlen ist dann die Phasendifferenz

$$p\lambda = (n-1)e,$$

wo p die Ordnungszahl, λ die Wellenlänge in Luft, n der Brechungsexponent der Quarzplatte gegen Luft und e die Dicke der Platte ist. In die Dickenmessung geht also der Brechungsexponent des Quarzes ein, was sehr mißlich ist, da bei größeren Plattendicken (über 2 *cm*) der Fehler von n allein für die Genauigkeit von e maßgebend ist. Hinzu kommt, daß n an einem Quarzprisma bestimmt wurde, es mithin unsicher ist, ob dieses n genügend genau gleich dem n des Quarzwürfels angenommen werden darf.

Da nun der Verf. das Studium des Kilogramms wieder aufnehmen will, so ist er bedacht gewesen, die Dickenmessung des Quarzwürfels unabhängig von der Kenntnis des Brechungsexponenten zu machen. Zu dem Zweck werden die Beobachtungen der Talbotschen Streifen mit solchen der Haidingerschen Interferenzringe kombiniert, welche möglichst genau von dem Stück des Quarzwürfels erzeugt werden, das auch bei den Talbotschen Streifen von den Strahlen durchsetzt wird. Alsdann ist die Phasendifferenz im Zentrum der Ringe

$$P\lambda = 2ne.$$

Man hat demnach

$$2e = (P - 2p)\lambda = (y + b)\lambda,$$

wo y eine ganze Zahl und b ein echter Bruch ist.

$(y + b)\lambda = 2e$ ist zugleich auch die Phasendifferenz im Zentrum der Haidingerschen Ringe, welche eine Luftplatte von der Dicke e zeigt.

Einige nach dieser Methode ausgeführte Messungen will der Verf. demnächst veröffentlichen. *Schck.*

Neu erschienene Bücher.

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik f. d. Jahr 1903. Herausgegeben v. Dir. Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder. 17. Jahrg. 8°. IX, 718 S. mit 200 Abbild. im Text und 27 Kunstbeilagen. Halle, W. Knapp 1903. 8,00 M.

Der vorliegende siebzehnte Jahrgang schließt sich den früheren Bänden in unveränderter Form an. Neben der mit größtem Fleiß geschriebenen, selbst bei ihrer sehr knappen Form noch 300 Druckseiten umfassenden Jahresübersicht über die Fortschritte auf allen Gebieten der Photographie, welche das Jahrbuch schon lange zu einem unentbehrlichen Nachschlagewerke gemacht hat, enthält der Band wieder eine Reihe wertvoller Originalbeiträge, von denen hier nur wenige, die für die Leser dieser Zeitschrift von besonderem Interesse sind, kurz erwähnt werden können.

An erster Stelle werden die Beschlüsse des Internationalen Photographen-Kongresses zu Paris im Jahre 1900 betreffs der einheitlichen Numerierung der Blenden mitgeteilt; es sollen hiernach bei Objektiven mit unveränderlicher Brennweite die Blenden stets der nach dem Quotienten $\sqrt{2}$ fortschreitenden Reihe

$$f/1,\ f/1{,}4,\ f/2,\ f/2{,}8,\ f/4,\ f/5{,}6,\ f/8\ \ldots$$

angehören.

Von neuen Objektivkonstruktionen beschreibt Harting das lichtstarke ($f/4{,}5$) Heliar, Martin die neue Anastigmat-Serie ($f/5{,}5$) von Busch und Dallmeyer sein neues telephotographisches System Adon. Mit letzterem wird der Zweck verfolgt, den Helligkeitsverlust, den die bisherigen Teleobjektive mit negativer Hinterlinse infolge der Vergrößerung der Äquivalentbrennweite mit sich brachten, dadurch aufzuheben, daß ein System von entsprechend größerer Öffnung *vor* das gewöhnlich benutzte Objektiv geschraubt wird. Es ist durchaus unverständlich, was mit einer solchen Konstruktion erreicht werden soll. Denn das Zusatzsystem „Adon" muß zunächst aus einem positiven System von sehr großer Öffnung und einem darauf folgenden negativen System von der Öffnung des sonst benutzten Objektives bestehen. Diese beiden Systeme zusammen bilden bei geeigneter Konstruktion nun schon ein fertiges Teleobjektiv (mit abgekürztem Bildabstand) und es ist sehr unpraktisch, dieses noch vor das sonst benutzte Objektiv zu schrauben, zu welchem Zwecke das negative System übermäßig

stark gemacht werden muß, ganz abgesehen von der unnötigen Vergrößerung des optischen Weges und des Gewichtes.

Beck-Manchester gibt unter dem wenig zutreffenden Titel: „Eine neue Methode der Objektivprüfung“ eine übersichtliche Zusammenstellung wohlbekannter Methoden zur Bestimmung der verschiedenen optischen Fehler. Er benutzt hierzu eine optische Bank von 1,4 *m* Länge, auf welcher der Träger für das Objektiv, die Prüfungsobjekte (Gitter oder feine Öffnung), ein kleiner Kollimator und ein Mikroskop zur Prüfung des Bildes verschiebbar angeordnet sind.

In einem interessanten Aufsatze berichtet Thiele-Moskau über präzise Aufnahmen von ausgedehnten Plänen mit Hülfe der Drachenphotographie, während Schwarzschild-Göttingen ein Verfahren zur photographischen Ortsbestimmung beschreibt, welches jedoch dem von Schnauder gegebenen (*Astron. Nachr.* ***154.*** *S. 133. 199*) kaum vorzuziehen sein dürfte, da es sowohl eine umfangreichere Ausrüstung, als auch eine umständlichere Beobachtungsmethode erfordert.

Über die stereoskopischen Verfahren, die erfreulicherweise immer mehr Verbreitung finden, handeln mehrere Aufsätze, einen Überblick über die Fortschritte auf dem Gebiete gibt Doležal-Leoben. Den Stereokomparator und seine Bedeutung für die moderne Meßkunst bespricht Rheden-Wien im engen Anschluß an die in dieser Zeitschrift erschienenen Aufsätze von Pulfrich.

Das Verzeichnis der im Jahre 1902 für photographische Apparate und Verfahren in Deutschland erteilten Patente umfaßt 157 Nummern, denen sich noch 47 Nummern aus Österreich anschließen.

Unter den Kunstbeilagen des Jahrbuches, welche ein recht klares Bild von dem dauernden Vorwärtsschreiten der Reproduktionstechnik geben, nimmt diesmal ein prächtiger Dreifarbendruck von Miethe die hervorragendste Stelle ein. *J. H.*

C. Christiansen u. **J. J. C. Müller,** Elemente der theoretischen Physik. Mit e. Vorwort v. Prof. Dr. E. Wiedemann. 2., verb. Aufl. gr. 8°. VIII, 532 S. m. 160 Fig. Leipzig, J. A. Barth 1903. 10,00 M.; geb. in Leinw. 11,00 M.

G. Tammann, Kristallisieren u. Schmelzen. Ein Beitrag zur Lehre der Ändergn. d. Aggregatzustandes. gr. 8°. X, 348 S. m. 88 Abbildgn. Leipzig, J. A. Barth 1903. 8,00 M.; geb. in Leinw. 9,00 M.

M. Chassagny, *Cours élémentaire de Physique. Avec préface par P. Appell.* 3. Ausg. 12°. Mit 1 farb. Taf. u. 808 Fig. Paris 1903. 6,50 M.

H. Bruns, Grundlinien des wissenschaftl. Rechnens. gr. 8°. VI, 159 S. Leipzig, B. G. Teubner 1903. 3,40 M.; geb. in Leinw. 4,00 M.

J. Tropfke, Geschichte d. Elementar-Mathematik in systematischer Darstellg. 2. Bd. Geometrie. Logarithmen. Ebene Trigonometrie. Sphärik u. sphärische Trigonometrie. Reihen. Zinseszinsrechnung. Kombinatorik u. Wahrscheinlichkeitsrechnung. Kettenbrüche. Stereometrie. Analytische Geometrie. Kegelschnitte. Maxima u. Minima. gr. 8°. VIII, 496 S. m. Fig. Leipzig, Veit & Co. 1903. 12,00 M.; geb. in Leinw. 13,00 M.

Ch. P. Steinmetz, Theoretische Grundlagen d. Starkstromtechnik. Übers. v. Ing. J. Hefty. gr. 8°. XI, 331 S. m. 143 Abbildgn. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 9,00 M.; geb. in Leinw. 10,00 M.

H. Weber u. **J. Wellstein,** Enzyklopädie der Elementar-Mathematik. Ein Handbuch f. Lehrer u. Studierende. 1. Bd. Elementare Algebra u. Analysis. Bearb. v. H. Weber. gr. 8°. XIV, 447 S. m. Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1903. Geb. in Leinw. 8,00 M.

H. v. Helmholtz, Vorträge u. Reden. 5. Aufl. 2 Bde. gr. 8°. XVI, 422 S. m. 51 Holzst. u. Bildnis u. XII, 434 S. m. 20 Holzst. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. Je 8,00 M.; geb. in Halbfrz. je 9,50 M.

Jahrbuch der Chemie. Bericht üb. die wichtigsten Fortschritte der reinen u. angewandten Chemie. Hrsg. v. R. Meyer. XII. Jahrg. 1902. gr. 8°. XII, 544 S. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1903. 14,00 M.; geb. in Leinw. 15,00 M.; in Halbfrz. 16,00 M.

Namen- und Sach-Register.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

ZEITSCHRIFT

FÜR

INSTRUMENTENKUNDE.

Organ

für

Mitteilungen aus dem gesamten Gebiete der wissenschaftlichen Technik.

Herausgegeben

unter Mitwirkung der

Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

von

E. Abbe in Jena, **Fr. Arzberger** in Wien, **S. Czapski** in Jena, **W. Foerster** in Berlin, **R. Fuess** in Berlin, **E. Hammer** in Stuttgart, **H. Kronecker** in Bern, **H. Krüss** in Hamburg, **H. Landolt** in Berlin, **V. v. Lang** in Wien, **S. v. Merz** in München, **G. Neumayer** in Hamburg, **A. Raps** in Berlin, **J. A. Repsold** in Hamburg, **A. Ruepreeht** in Wien, **A. Westphal** in Berlin.

Redaktion: Prof. Dr. **St. Lindeck** in Charlottenburg-Berlin.

Dreiundzwanzigster Jahrgang.

1903.

12. Heft: Dezember.

Inhalt:

Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1903.

Hierzu Beiblatt: (Deutsche Mechaniker-Zeitung). — Nr. 23 u. 24.

